



# DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA EM SEMENTES DE MILHO, FEIJÃO E PINHÃO-MANSO POR MÉTODOS ALTERNATIVOS

Hercules Gustavo dos Santos Sarmiento<sup>1</sup>, Andréia Marcia Santos de Souza David<sup>2</sup>, Marianne Gonçalves Barbosa<sup>3</sup>, Danúbia Aparecida Costa Nobre<sup>4</sup> & Hugo Tiago Ribeiro Amaro<sup>5</sup>

**RESUMO:** A determinação do teor de água de um lote de sementes é de fundamental importância para a avaliação de sua qualidade e armazenamento adequado. Portanto, o objetivo desse estudo foi comparar o método padrão da estufa com métodos alternativos para determinar o teor de água das sementes de milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e pinhão manso (*Jatropha curcas*). Foram utilizados os seguintes métodos: o método padrão da estufa a 105°C/24h; o método 101-105°C/17h; forno de micro-ondas por um, dois, três e quatro minutos na potência de 600W para milho e feijão e 1000W para pinhão manso, e o aparelho elétrico já calibrado para milho e feijão, utilizando-se a calibração de espécies oleaginosas (soja, girassol, canola, amendoim) para as sementes de pinhão manso. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste "F", as médias foram comparadas pelo teste de Student- Newman-Keuls (5%), e as estimativas dos parâmetros da regressão foram avaliadas pelo teste "T" (5%). Para sementes de milho e feijão, em forno micro-ondas o tempo para obter o teor de umidade semelhante ao método padrão da estufa foi de 2 minutos e 35 segundos e 2 minutos e 42 segundos, respectivamente, à potência de 600 W. Para estas duas espécies pode ser utilizado ainda o aparelho medidor de umidade. Para sementes de pinhão-manso em forno micro-ondas à potência é de 1000 W e o tempo de 2 minutos e 11 segundos para obter o teor de umidade semelhante ao método padrão da estufa; já no medidor de umidade pode ser realizado com calibração para canola. Assim, a determinação do teor de água de sementes de milho, feijão e pinhão-manso em forno de micro-ondas e medidor de umidade podem se tornar métodos alternativos ao da estufa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Grau de umidade, estufa, micro-ondas, aparelho elétrico.

## MOISTURE DETERMINATION OF CORN, BEANS, AND PHYSIC NUT SEEDS USING ALTERNATIVE METHODS

**ABSTRACT:** The determination of seeds water content has fundamental importance for the assessment of its quality and proper storage. Therefore, the aim of this study was to compare the standard method with alternative methods of gases to determine the water content of corn (*Zea mays*), beans (*Phaseolus vulgaris*), and physic nut (*Jatropha curcas*) seeds. We used the standard methods: 105 °C /24h, 101-105 °C/17h, microwave for one, two, three and four-minute with 600W power to corn and beans and 1000W, to physic nut, and electrical appliance that was calibrated for corn and beans, while for seeds of physic nut, the calibration of oilseeds species (soybean, sunflower, canola, peanut) was used. The results were analyzed using ANOVA and "F", the means were compared by Student-Newman-Keuls (5%), and the estimates of the regression parameters were evaluated by "T" (5%). The microwave oven time to get corn and beans seeds moisture content similar to that from standard method was 2 minutes and 35 seconds and 2 minutes 42 seconds, respectively, at 600 W. For these two species (corn and beans) the electric appliance can be properly used. For seeds of physic nut, the microwave oven time at power of 1000 W is 2 minutes and 11 seconds, and the electrical appliance can be performed with canola (*B. napus*) calibration. Thus, the determination of corn, beans, and physic nut seeds moisture using microwave oven and electric appliance may become an alternative to oven methods.

**KEYWORDS:** Moisture content, oven, microwave, electric appliance.

## 1 INTRODUÇÃO

O teor de água das sementes influencia diretamente vários aspectos de sua qualidade fisiológica, por isso a sua determinação é fundamental em testes oficiais de qualidade de lotes de sementes. Também pode interferir na maturação das sementes, longevidade de armazenamento, em possíveis pré-tratamentos

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Montes Claros. Engenheiro Agrônomo e atualmente mestrando em Produção Vegetal (Unimontes). E-mail: herculesgustavo@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Montes Claros. Professora e Dsc. Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Montes Claros. E-mail: andreiamssdavid@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Montes Claros. Engenheiro Agrônomo e atualmente mestrando em Produção Vegetal (Unimontes). E-mail: marianneagronomia@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa. Engenheira Agrônoma (UNIMONTES), mestre em Ciências Agrárias (ICA/UFMG) e doutoranda do Departamento de Fitotecnia pela Universidade

Federal de Viçosa (UFV). E-mail: danubia\_nobre@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Universidade Federal de Viçosa. Engenheiro Agrônomo, mestre em Produção Vegetal (UNIMONTES), e doutorando do Departamento de Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: htiagoamaro@yahoo.com.br

necessários em teste de germinação, e está intimamente ligada ao período ideal de colheita, ao peso das sementes e a suscetibilidade a injúrias pelo calor, congelamento, fumigação, danos mecânicos e danos caudados por pragas (GRABE, 1989).

O alto teor de água pode afetar a qualidade da semente não só no período de armazenamento, mas também durante as operações de beneficiamento, dificultando o manejo e reduzindo a eficiência das máquinas utilizadas nos processos de beneficiamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Para a determinação do teor de água em espécies consideradas quanto à reserva química em amiláceas, proteicas e oleaginosas, como o milho (*Zea mays* L.), o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e o pinhão manso (*Jatropha curcas* L), respectivamente, as Regras de Análise de sementes - RAS (BRASIL, 2009), recomenda o método oficial da estufa a 105 °C que requer um período de vinte e quatro horas para obtenção dos resultados, podendo, portanto, ser utilizado para qualquer espécie. Existem outros métodos indicados pela RAS, como o método da estufa a baixa temperatura de 101-105 °C, mantendo as amostras na estufa durante 17 horas, porém, este método não é aplicado para todas as espécies.

Dentre os métodos utilizados, o método da estufa (105±3°C/24 horas) é o oficial e padrão para determinação do teor de água das sementes de qualquer espécie vegetal e o mais utilizado pelos pesquisadores. Os métodos oficiais, apesar da precisão, requerem muito tempo, tornando-se pouco práticos quando se deseja conhecer, de maneira rápida, o teor de água das sementes, durante as operações da colheita, beneficiamento e armazenamento. Assim, é essencial a disponibilidade de métodos precisos e rápidos de determinação.

Nos progressos de desenvolvimento de novas tecnologias para determinação do teor de água, o micro-ondas tornou-se um método promissor (FRANDOLOSO et al., 1998). Os mesmos autores ressaltam ainda que, pela exposição à radiação de micro-ondas e a remoção rápida da água, pode haver perda menor de componentes voláteis do que em fornos convencionais.

A maneira como ocorre o aquecimento de um determinado produto (qualquer material) pela estufa e pelo forno micro-ondas são diferentes. A estufa utiliza resistências elétricas que primeiro aquecem o ar e por condutividade térmica o ar aquece a superfície das sementes e depois é difundido para o centro. Como a condutividade térmica das sementes não é muito alta, demora um tempo relativamente longo para que o centro das sementes atinja a temperatura desejada (FRANDOLOSO et al., 1998). Neste processo de aquecimento, parte da energia é gasta no aquecimento do ar, paredes internas, e utensílios, e parte é perdida para o ambiente, sendo um processo menos eficiente em termos

energético. No forno micro-ondas, as micro-ondas são geradas por um magnetron e atingem o interior da câmara por um guia de ondas. As micro-ondas interagem principalmente com moléculas de água presentes nas sementes, mas não com o ar, utensílios e as paredes do equipamento. Por agir diretamente na molécula de água no interior da semente este método pode ser mais eficiente no uso de energia para eliminação de água (PIRES; MATSUFUJI, 1984).

Os analisadores de umidades (aparelhos elétricos ou medidor de umidade digital) são aparelhos portáteis e digitais que demonstram o resultado imediato do teor de água de algumas sementes e grãos. Conforme descrito no Manual de Instruções do aparelho, as curvas de calibração de cada espécie foram obtidas em laboratório, utilizando amostras coletadas de diversas áreas de plantio. Por meio da comparação com o método padrão de estufa como referência foram criadas as escalas de medida de cada produto e, em seguida, os resultados obtidos foram transferidas para a memória do aparelho e são facilmente identificadas pelo nome do produto (GEHAKA, 2013).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi comparar o método padrão da estufa (105°C/24h) com métodos alternativos para determinar o teor de água das sementes de milho, feijão e pinhão manso.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) - Campus Janaúba, Minas Gerais, no ano de 2011. Utilizaram-se sementes de pinhão manso colhidas no ano agrícola de 2010/2011 e provenientes do Centro Tecnológico de Minas Gerais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (CTNM – EPAMIG), município de Nova Porteirinha (coordenadas geográficas 15° 46' 38,98" S e 43° 17' 22,06" O). As sementes de feijão (cultivar carioca) e milho (cultivar BR da várzea), safra 2010/2011 foram procedentes de um campo de produção localizado na fazenda Serra do Anastácio, município de Curral de Dentro – norte de MG (coordenadas geográficas 15° 47'26,54" S e 41° 47'48,98" O).

Os métodos utilizados para a determinação do teor de água nas sementes milho (*Z. mays*), feijão (*P. vulgaris*) e pinhão manso (*J. curcas*) foram:

### Método padrão da estufa a 105 °C

Determinado conforme metodologia prescrita nas RAS (BRASIL, 2009), utilizando o método da estufa, a 105 ± 3 oC, por 24 horas, com quatro repetições de 50 sementes, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) b.u. (base úmida - relação entre a massa de água presente na semente e a massa total da semente) de teor de água. Por ser considerado padronizado pelas RAS para determinar o teor de água de todas as espécies de sementes, o método da estufa a

105 ± 3 °C/24h foi considerado neste estudo como testemunha para as comparações dos demais métodos utilizados.

#### Método da estufa a baixa temperatura 101-105°C

Este método foi realizado conforme descrito na RAS (BRASIL, 2009). Inicialmente foi higienizado recipientes de alumínio com suas devidas tampas, secos em estufa de circulação de ar forçada e pesados em balança com precisão de 0,001g. Quatro repetições de 25 sementes foram colocadas nos recipientes de alumínio higienizadas citadas anteriormente e pesadas para obtenção do peso úmido. Em seguida os recipientes foram colocados na estufa pré-arquecida por 30 minutos a 103 ± 2 °C, permanecendo como período de secagem 17 horas. Transcorrido o período de secagem, os recipientes contendo as sementes foram retirados da estufa e levados para o dessecador com sílica-gel ativada por 10 minutos, para que então fossem pesadas novamente (peso seco). A utilização do dessecador após a secagem é para promover resfriamento rápido dos recipientes e impedir interferência da umidade do ambiente no peso seco das sementes. Os resultados foram expressos em % b.u. (base úmida).

Este método está descrito na RAS (BRASIL, 2009) para as sementes de feijão e milho, porém não há metodologia preconizada para sementes de pinhão manso. Dessa forma, utilizou a mesma metodologia estabelecida para a cultura da mamona (*Ricinus communis* L.), por ser uma oleaginosa pertencente à mesma família do pinhão manso.

#### Método em forno de micro-ondas

Este método foi baseado em trabalhos com sementes de *Parkia multijulga* Benth. (RAMOS et al., 2000) e de mamona (SOUZA; TONETTI; DAVIDE, 2005). Inicialmente, foram realizados testes preliminares no forno micro-ondas, marca Electrolux, modelo MEF41, potência de 1000 Watts, capacidade de 31 litros, para ajuste dos tempos e potências. Verificou-se que a potência de 600W para as amostras de feijão e de milho e a potência de 1000 W para as amostras de pinhão manso foi a que obteve melhores resultados, pois para potências superiores houve destruição das amostras como também a transformação das sementes em pipoca, e para potências menores o tempo de determinação do teor de água tornou-se bastante prolongado. Todas as espécies foram submetidas aos tempos 1, 2, 3, e 4 minutos com 4 repetições de 50 sementes.

O procedimento teve início com a pesagem das placas de Petri (90 mm x 7 mm) devidamente higienizadas (tara). Em seguida foram separadas 25 sementes que foram fragmentadas em cadinho de porcelana, colocando-as nas placas. As placas contendo as amostras fragmentadas foram pesadas novamente, para obtenção do peso úmido. Posteriormente, as placas foram levadas ao micro-ondas, onde as 4 repetições foram dispostas equidistantes e

submetidas aos seus respectivos tempos e potências, segundo a metodologia de Valentini et al. (1998) (Metodologia modificada neste trabalho). Para o milho, conforme descrito por Frandoloso et al. (1998) forrou-se o fundo das placas de Petri com disco de papel filtro, em seguida, colocou-se as amostras de sementes de milho fragmentadas, cobrindo-se com outra folha de papel filtro (impedindo perda da amostra). Decorrido cada tempo, as amostras foram retiradas e colocadas no dessecador (com sílica-gel ativada) por 10 minutos (FRANDOLOSO et al., 1998) e pesados novamente para obtenção do peso seco.

#### Método por capacitância digital via medidor de umidade

Utilizou-se o aparelho elétrico modelo GEHAKA 650, que é baseado no princípio da capacitância, ou seja, aquele em que as sementes constituem o material dielétrico que é inserido entre as placas de um capacitor. Após ligar o aparelho foi selecionada a função 1 – medir umidade, sendo em seguida escolhida a espécie a ser analisada. Foram vertidas amostras de sementes na cuba de pesagem (localizada do lado direito do aparelho) até atingir o peso pré-definido pelo aparelho de acordo a espécie (atingir 100% no display do aparelho – peso de calibração). Ao visualizar o teor de umidade no visor do mesmo, pressionou a alça de descarte e retira-se a amostra pela gaveta (GEHAKA, 2013). Como o aparelho não tem seleção para sementes de pinhão manso, dessa forma, foram realizados ensaios com 4 espécies oleaginosas (soja - *Glycine Max* (L.) Merr., girassol - *Helianthus annuus* L., canola - *Brassica napus* L. e amendoim - *Arachis hypogaea* L.), para se indicar, a metodologia que mais se ajusta a oleaginosa em estudo. Utilizou-se 4 repetições por tratamento, de acordo com o peso pré-definido pelo aparelho para cada espécie.

#### Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições por tratamento. Os dados foram analisados no programa SAS. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. As estimativas dos parâmetros da regressão foram avaliadas pelo teste “T” em nível de 5% de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os teores de água inicial das sementes de milho (*Z. mays*), feijão (*P. vulgaris*) e pinhão manso (*J. curcas*), determinados pelo método padrão da estufa (105 °C/24h). A variação observada de cada espécie (Tabela 1, 2 e 3) está associada à própria composição química inerentes as sementes. Nesse sentido, observa-se que os teores de água observados no presente estudo se encontram dentro do esperado para as diferentes espécies, uma vez que sementes de milho e feijão por serem ricas em amido e proteínas, respectivamente, apresentam maiores

afinidades com a água do que os lipídios. As sementes ricas em lipídios, como é o caso do pinhão manso, tem grau de umidade inferior, considerando as mesmas condições de umidade relativa do ar, de temperatura e do ambiente de armazenamento (MARCOS FILHO, 2005). Ainda em suas considerações, Marcos Filho (2005), salienta que isso ocorre porque os lipídios são hidrofóbicos (não apresentando afinidade a água); diferentemente das sementes amiláceas que podem acatar maior quantidade desta no mesmo ambiente por apresentar maior afinidade com a água.

É de fundamental importância o conhecimento do teor de água das sementes, seja para a colheita, armazenamento ou comercialização. Durante o desenvolvimento de qualquer espécie vegetal, quando as sementes atingem o máximo de sua qualidade este pode ser determinado pelo teor de água das sementes, indicando o momento ideal para a colheita. Há um teor de água mínimo para se armazenar as sementes com segurança, se este valor for maior existe o risco de deterioração das sementes.

Neste contexto, considerando-se os resultados dos teores médios de água obtidos pelo método padrão da estufa a 105 °C/24h (Tabelas 1, 2 e 3), cabe salientar que segundo Bragantini (2005) o teor de água considerado ideal para colheita, armazenamento e comercialização de sementes de feijão deve situar-se entre 11,0 e 13,0% de umidade. Já Harrington (1973) ressalta que o teor de água ideal para armazenamento e comercialização de sementes amiláceas é de 6,0 a 12,0% e para oleaginosas de 4,0 e 9,0%. Portanto, as sementes de feijão e pinhão manso do presente estudo apresentaram valores dentro dos padrões considerados ideais para colheita, armazenamento e comercialização embora as sementes de milho estejam um pouco acima do padrão ideal.

Observa-se que o teor de água das sementes de milho, obtida através do método da estufa a 103 ± 2 °C/17h, não diferiu (P>0,05) significativamente da testemunha (método padrão da estufa a 105 °C/24h) (Tabela 2). Já

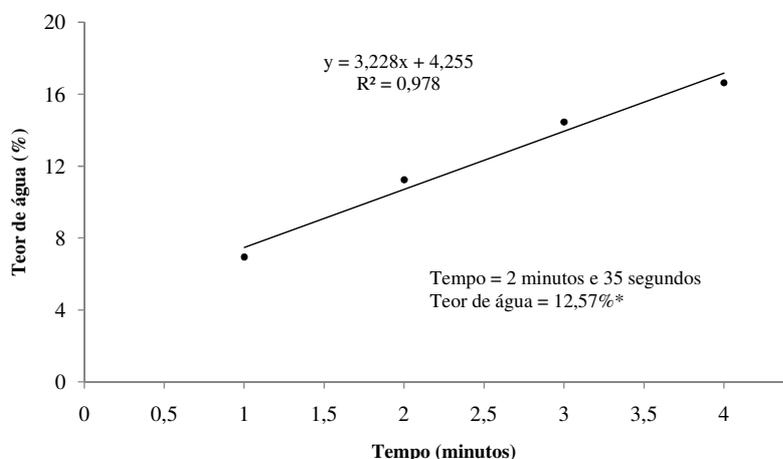
com o medidor de umidade os resultados obtidos nos teores de água das sementes diferiram significativamente (P<0,05) do método padrão de estufa. Vale ressaltar que apesar da diferença estatística verificada entre a testemunha (105 °C/24h) e o medidor de umidade, o milho é uma cultura já utilizada e calibrada pelo aparelho, sendo este método considerado vantajoso pela sua rapidez e praticidade na execução, embora, menos preciso comparativamente ao método da estufa (OLIVO, 2010).

**Tabela 1 - Teores de água de sementes de milho, obtidos pelos métodos da estufa a 105 °C/24h (testemunha), a 103 ± 2 °C/17h, medidor de umidade e forno de micro-ondas.**

Tratamentos	Teor de água (% b.u.)
Estufa 105°C/24h	12,6 ± 0,05 C
Estufa 103 ± 2 °C/17h	12,0 ± 0,09 C
Medidor de umidade	14,0 ± 0,07 B
Micro-ondas: 1 minuto	7,0 ± 0,11 E
Micro-ondas: 2 minutos	11,0 ± 0,10 D
Micro-ondas:3 minutos	14,5 ± 0,65 B
Micro-ondas : 4 minutos	16,6 ± 0,34 A
CV (%)	4,61

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

Conforme a Tabela 1, verifica-se ainda que ao utilizar o forno de micro-ondas nos diferentes tempos de atuação, os resultados foram diferentes quando comparados a testemunha (método padrão da estufa) e ao método a 103 ± 2 °C/17h. No entanto, verificou-se que aos 2 minutos e 35 segundos em forno de micro-ondas, à potência de 600 W os resultados se igualaram aos obtidos através do método oficial da estufa a 105 °C/24h (Figura 1). Para Valentini et al. (1998), o aparelho de micro-ondas é uma alternativa viável para a determinação do teor de água em sementes de milho.



\*Tempo necessário de exposição das sementes em micro-ondas para obtenção de grau de umidade semelhante à estufa a 105 °C /24h.

**Figura 1 - Teores de água de sementes de milho, obtidos pelo método do forno de micro-ondas em função do tempo de exposição das sementes.**

Os teores de água das sementes de feijão obtidas através da testemunha (método da estufa a 105 °C/24h), método da estufa a 103 ± 2 °C/17h e medidor de umidade não diferiram estatisticamente entre si ( $P>0,05$ ) conforme dados apresentados na Tabela 2. Observa-se que em comparação a testemunha, não houve diferença

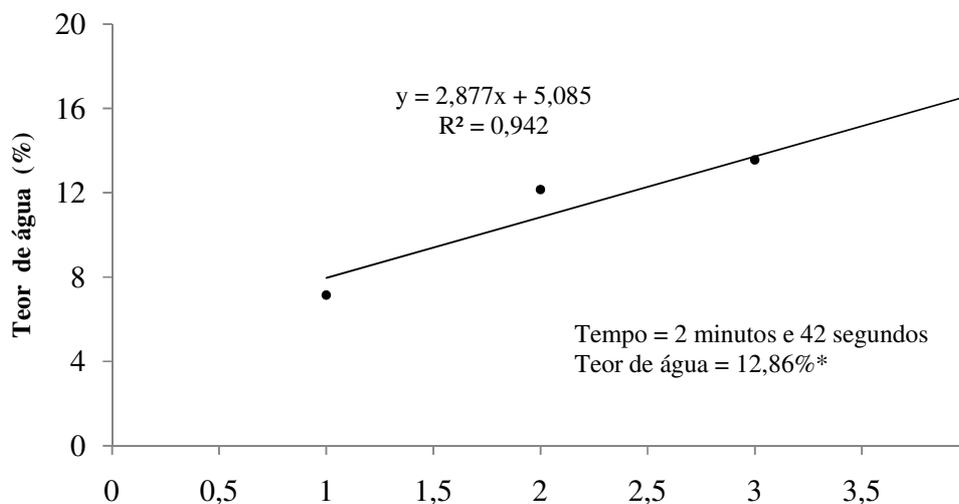
significativa nos teores de água das sementes de feijão pelos os métodos da estufa a 103 ± 2 °C/17h, medidor de umidade e forno de micro-ondas nos tempos de 2 e 3 minutos, diferindo apenas nos tempos de 1 e 4 minutos (Tabela 2).

**Tabela 2** - Teores de água de sementes de feijão, obtidos pelos métodos padrão da estufa a 105 °C/24h (testemunha), a 103 ± 2 °C/17h, medidor de umidade e forno de micro-ondas.

Tratamentos	Teor de água (% b.u.)
Estufa 105 °C/24h	12,9 ± 0,03B
Estufa 103 ± 2 °C/17h	12,8 ± 0,10 B
Medidor de umidade	13,7 ± 0,37 B
Micro-ondas: 1 minuto	7,1 ± 0,08 C
Micro-ondas: 2 minutos	12,1 ± 0,29 B
Micro-ondas: 3 minutos	13,5 ± 0,88 B
Micro-ondas: 4 minutos	16,2 ± 0,17 A
CV(%)	6,13

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

Em relação aos tempos de exposição das sementes de feijão em forno de micro-ondas, pôde-se observar que aos 2 minutos e 42 segundos foi o tempo equivalente ao teor médio de água semelhante ao observado pelo método padrão da estufa a 105 °C/24h (Figura 2).



\*Tempo necessário de exposição das sementes em micro-ondas para obtenção de grau de umidade semelhante à estufa a 105 °C /24h.

**Figura 2** - Teores de água de sementes de feijão, obtidos pelo método do forno de micro-ondas em função do tempo de exposição das sementes.

Cavalcanti Mata et al. (1994) estudando a determinação do teor de água para sementes de feijão e soja em forno de micro-ondas, conseguiram a estabilização da curva de secagem para as potências média (350W) e média mínima (210W) com tempos entre 6 a 15 minutos e 17 a 42 minutos, respectivamente. Já Ramos et al. (2000) comparando métodos de secagem na determinação do grau de umidade em sementes de *P. multijuga* (Leguminosae) obtiveram valores semelhantes ao obtido pelo método da estufa a 105 °C/24 h, quando as amostras de sementes fragmentadas foram submetidas a secagem

na média potência (480 W), por 5 e 6 minutos, e na alta potência (800 W), por 2 minutos e 30 segundos.

Os teores de água das sementes de pinhão-mansão, obtidas através dos métodos da estufa a 103 ± 2 °C/17h, forno de micro-ondas por 2 minutos e determinador de umidade calibrado para a cultura da canola, não diferiram ( $P>0,05$ ) entre si, apresentando resultados médios estatisticamente semelhantes aos encontrados para o método padrão da estufa (testemunha a 105 °C/24h) (Tabela 3). O método da estufa a

103 ± 2 °C/17h é recomendado para determinar o teor de água de sementes de milho e feijão (BRASIL, 2009), no entanto, os resultados comprovaram a sua eficiência para

determinar os teores de água de sementes de pinhão manso, já que os resultados não diferiram dos resultados obtidos pelo método padrão.

**Tabela 3** - Teores de água de sementes de pinhão manso, obtidos pelos métodos da estufa a 105 °C/24 h (testemunha), a 103 ± 2 °C/17h, medidor de umidade e forno de micro-ondas.

Tratamentos	Teor de água (% b.u.)
Estufa 105 °C/24h	7,6 ± 0,09 C
Estufa 103 ± 2 °C/17h	7,7 ± 0,03 C
Micro-ondas: 1 minuto	4,9 ± 0,13 D
Micro-ondas: 2 minutos	7,4 ± 0,08 C
Micro-ondas: 3 minutos	9,1 ± 0,48 B
Micro-ondas: 4 minutos	12,2 ± 0,98 A
Aparelho elétrico calibrado para girassol	11,9 ± 0,02 A
Aparelho elétrico calibrado para soja	8,3 ± 0,11 B
Aparelho elétrico calibrado para canola	7,2 ± 0,04 C
Aparelho elétrico calibrado para amendoim	5,7 ± 0,06 D
CV(%)	8,55

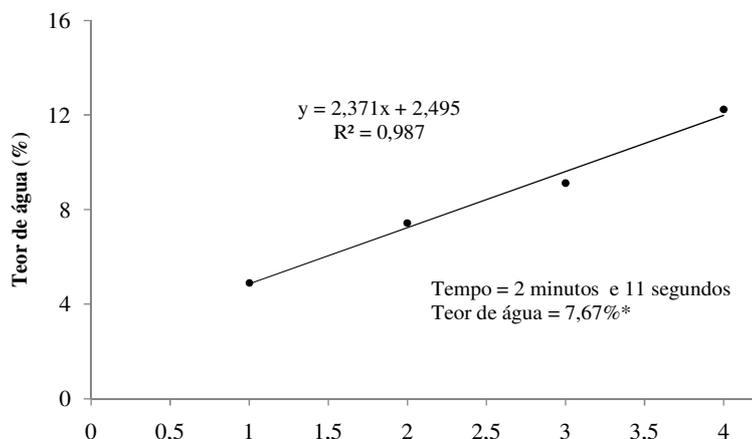
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

Levando em consideração a calibração do aparelho elétrico (medidor de umidade) para a cultura da canola, pode-se atentar para mais estudos viabilizando a determinação do teor de água em sementes de pinhão manso pelo medidor de umidade, já que os resultados foram estatisticamente semelhantes à testemunha (Tabela 3), que não diferiram do método da estufa a 103 ± 2 °C/17h e do micro-ondas no tempo de 2 minutos. Os demais tratamentos estudados diferiram da testemunha.

Conforme Ferronato et al. (2000) o teor de água das sementes aferido pelo medidor de umidade pode ser superior ao método da estufa, conforme observado naquele estudo para as culturas de girassol e soja, isso

ocorre em função da menor precisão apresentada pelo aparelho elétrico em comparação ao método padrão da estufa, o que pode ser corrigido por calibração. Sendo, portanto, uma alternativa eficaz, já que os processos que visam à colheita, a armazenagem e a comercialização, são essenciais à utilização de métodos precisos e rápidos na determinação do teor de água das sementes.

Para determinar o teor de água das sementes de pinhão-manso em forno de micro-ondas, o tempo de 2 minutos e 11 segundos a uma potência de 1000 W, foi equivalente ao teor médio de umidade semelhante ao da testemunha (Figura 3).



\* Tempo necessário de exposição das sementes em micro-ondas para obtenção de grau de umidade semelhante à estufa a 105 °C /24h.

**Figura 3** - Teores de água de sementes de pinhão manso, obtidos pelo método do forno de micro-ondas em função do tempo de exposição das sementes.

Souza et al. (2005) observaram que o tempo de 7 minutos em forno de micro-ondas, regulado na potência máxima (1000 W), se igualou estatisticamente aos resultados obtidos pelos métodos da estufa em três lotes de sementes de mamona, indicando ser um procedimento rápido e confiável na determinação do grau de umidade de sementes desta espécie.

Pode-se observar que quanto maior o tempo de exposição, maior foi o percentual de água retirada das sementes (12,2%) pelo micro-ondas, pois a quantidade de energia absorvida por um material está diretamente relacionada a quantidade de água, promovendo a elevação da temperatura e a consequente evaporação da água (BROOKER et al., 1974).

No presente estudo, conforme apresentado nas figuras 1, 2 e 3, observou-se que para as culturas de milho, feijão e pinhão manso, respectivamente, os resultados se enquadraram numa equação de regressão de comportamento linear e constante, o que afirma provavelmente o uso do micro-ondas para determinação do teor de água. Entretanto, estudos mais detalhados sobre a utilização de aparelhos de micro-ondas e diferentes metodologias alternativas para comparação de resultados, precisam ser realizados em diversas espécies. Ressalto ainda que, análises quanto à interferência da radiação do aparelho na composição química das sementes, para que se tenha uma recomendação definitiva da metodologia a ser empregada deve ser realizada.

#### 4 CONCLUSÕES

Para sementes de milho e feijão, em forno micro-ondas o tempo para obter o teor de água semelhante ao método padrão da estufa foi de 2 minutos e 35 segundos e 2 minutos e 42 segundos, respectivamente, à potência de 600 W. Para estas duas espécies pode ser utilizado ainda o medidor de umidade (aparelho elétrico).

Para sementes de pinhão manso em forno micro-ondas à potência é de 1000 W e o tempo de 2 minutos e 11 segundos para obter o teor de água semelhante ao método padrão da estufa; já no medidor de umidade pode ser realizado com calibração para canola.

A determinação do teor de água de sementes de milho, feijão e pinhão manso em forno de micro-ondas e medidor de umidade podem se tornar métodos alternativos ao da estufa.

#### 6 REFERÊNCIAS

BRAGANTINI, C. **Alguns Aspectos do Armazenamento de Sementes e Grãos de Feijão**. Embrapa Arroz e Feijão, Goiás, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. p. 309, 315, 316.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying Cereal Grains**. Connecticut. The Avi Publishing Company. 1974, 265 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 588 p. 2000.

CAVALCANTI MATA, M.; GURJÃO, K. O.; GOMES, J. Estudo da utilização do forno micro-ondas para determinação do teor de umidade de grãos de feijão e soja. **Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. 22p. 1994.

FERRONATO, A.; DIGNART, S.; CAMARGO, I. P. Caracterização das sementes e comparação de métodos para determinar o teor de água em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* H.B.K.) e pé-de-anta (*Cybistax antisiphilitica* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.2, p. 206-214, 2000.

FRANDOLOSO, V.; TILLMANN, M. A.; BAUDET, L. Determinação do grau de umidade de sementes de cebola, cenoura e tomate em forno de micro-ondas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.2, p.48-57. 1998.

GRABE, D. F. Measurement of seed moisture. In: STANWOOD, P. C. and McDONALD, M. B (Eds). **Seed Moisture**. Madison: The Crop Science Society of America, 1989. p.69-92.

HARRINGTON, J. F. Biochemical basis of seed longevity. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.453-461, 1973.

GEHAKA, 2013. **Medidor de Umidade Digital G650**. Disponível em: [http://www.gehaka.com.br/sistema/produtos/254/manual/g650\\_versao1.39.pdf](http://www.gehaka.com.br/sistema/produtos/254/manual/g650_versao1.39.pdf). Acesso em: 15 jul. 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

OLIVO, T. E. **Determinação da umidade da soja por medida capacitativa**. 78p. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PIRES. B. P.; MATSUFUJI, L. Aquecimento por micro-ondas. **Mundo Elétrico**, São Paulo, v.25, n.298, p.24-29, 1984.

RAMOS, F. N.; SOUZA, A. F.; LOUREIRO, M. B.; CRUZ, A. P. M.; ANDRADE, A. C. S. Comparação entre métodos de secagem na determinação do grau de umidade em sementes de *Parkia multijuga* Benth. (Leguminosae:Mimosoidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.2, p.175-179, 2000.

SOUZA, L. A.; TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C. **Determinação do teor de água em sementes de**

**mamona (*Ricinus communis* L.) pelos métodos de estufa e forno micro-ondas.** Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2005.

VALENTINI, S. R. T.; CASTRO, M. F. P. M.; ALMEIDA, F. H. Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de micro-ondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.18, n.2, p. 237-240, Campinas, 1998.