

## COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS TRADICIONAIS E BIOSPECKLE PARA DETERMINAR UMIDADE EM GRÃOS DE SOJA

**FRACAROLLI, J.A.<sup>1</sup>; FREDERICCI, T.<sup>2</sup>; AGUIAR, R, H<sup>3</sup> ; BETIN, P. S.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Enga Agrícola, Prof. Doutora, Depto. De Tecnologia Pós-Colheita, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP

<sup>2</sup> Aluna de graduação em Engenharia Agrícola bolsista PIBIC/CNPq, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP, Fone (019) 99880-3769, talitafredericci@hotmail.com

<sup>3</sup> Engo Civil, Tec no laboratório de Pós Colheita. Doutora, Depto. Água e solos, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP

<sup>4</sup> Aluna de graduação em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no

XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016

24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O teor de água em um produto está relacionado com as mudanças bioquímicas e físicas que ocorrem nos grãos durante o armazenamento. Está relacionado também com a atividade de microrganismos, ativação de enzimas e processos metabólicos que alteram o tecido biológico do grão. A determinação precisa do teor de água permite a tomada de decisão em atividades como aeração, secagem, resfriamento, transilagem e outras atividades feitas para garantir a manutenção da qualidade dos grãos armazenados. O presente projeto de pesquisa tem por objetivo determinar e comparar três métodos para determinar a umidade em amostras de grãos de soja. Para isso foram utilizados método de obtenção da umidade por estufa a pressão atmosférica, método do infravermelho e Biospeckle pelo momento de inércia (MI). Foram avaliados três níveis de umidade dos grãos sendo 11, 30 e 50% de teor de água. A partir do presente experimento é possível obter o teor de água nos grãos de forma não invasiva e não destrutiva através de uma correlação entre os valores de MI e os dados obtidos pelo método da estufa e pelo infravermelho.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max* (L.) Merr., speckle dinâmico, secagem.

## COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL METHODS AND BIOSPECKLE TO DETERMINE MOISTURE IN SOYA BEANS

**ABSTRACT:** The water content of a product is associated with the biochemical and physical changes that occur in grain during storage. It also relates to the activity of microorganisms, activation of enzymes and metabolic processes that alter the biological tissue of the grain. The precise determination of the water content allows the decision-making activities such as aeration, drying, cooling, and other activities made to ensure the continued quality of stored grain. This research project aims to determine and compare three methods to determine the moisture in soybean samples. For this method there were used oven at atmospheric pressure to obtain the moisture, infrared and Biospeckle method with the moment of inertia (MI). There were evaluated three grain moisture levels: 11, 30 and 50% of water content. From this experiment it is possible to obtain the water content in the grain through a non-invasive and nondestructive method with correlation between the MI values and data obtained by the oven method and by infrared.

**KEYWORDS:** *Glycine max* (L.) Merr, dynamic speckle, drying.

### INTRODUÇÃO

Tradicionalmente o Brasil é um grande exportador de produtos agrícolas, desde o período colonial com a cana-de-açúcar e posteriormente com o café por volta do século XVIII, até os dias de hoje com a globalização e abertura de mercados.

Dentre os produtos que permitiram essa grande expansão no mercado externo, destaca-se a cana-de-açúcar, o suco de laranja e principalmente a Soja (*Glycine max*).

Com a expansão de mercados e o aumento da demanda de produtos para a exportação, faz-se necessário o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias no campo, a fim de otimizar e aumentar a produção mantendo o nível de qualidade dos produtos.

Segundo Brooker et al. (1992), uma das principais características físicas que determinam a qualidade dos grãos é o teor de água. Esta característica em excesso no grão promove um ambiente favorável para a proliferação de microrganismos e fungos, como as demais atividades bióticas, levando ao apodrecimento do produto.

Logo o conhecimento do teor de água é fundamental para minimizar o número de perdas na produção, e os métodos mais conhecidos para isto são o método da Estufa à Pressão Atmosférica e o método Infravermelho.

Ambos os métodos tradicionais citados são considerados métodos destrutivos de obtenção de umidade, dado que em ambos os procedimentos o grão é modificado fisicamente pelo processo de remoção total da água presente.

O Método Biospeckle, também chamado de *Speckle* Dinâmico em outras bibliografias, é caracterizado como um padrão de interferência, criado quando um material biológico ou com teor úmido, é iluminado por uma luz laser coerente. Este efeito acontece, pois, o comprimento de onda da luz laser é de ordem de grandeza semelhante ao da rugosidade do tecido iluminado. Isto permite a visualização do fenômeno.

Este método tem sido aplicado em diversas áreas da agricultura, como no monitoramento da qualidade em laranja (RABELO; BRAGA JUNIOR; DAL FABBRO, 2005), determinação da umidade em folhas de cafeeiro (BOTEGA, 2009), mapeamento vascular da folha da amoreira (*Morus nigra*)(SILVA, 2007) e avaliação da carne bovina (AMARAL, 2012).

No presente projeto o Biospeckle é utilizado como método de determinação do teor de umidade em grãos de soja, através da correlação do momento de inércia obtido através do processamento de imagens, e a umidade obtida pelos outros dois métodos destrutivos citados. Para cálculo de **MI** é usada equação da literatura (NOBRE et al., 2009).

Foi realizada uma comparação entre o método da estufa a pressão atmosférica, o método infravermelho e o método Biospeckle para medição do teor de água.

Este método se mostra uma proposta inovadora, pois, diferente dos métodos tradicionais ele não modifica o grão física ou quimicamente. Além disso, é de rápida resposta e não gera resíduos poluentes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados os seguintes materiais:

Estufa; Infravermelho GEKAHA IV 2500; Cadinhos; Espelho; Laser Vermelho (632 nm de comprimento de onda e 10 mW de potência); Câmera Samsung Galaxy com zoom de 21x; mesa; tripé; balança digital com precisão de 4 casas decimais; processador de grãos; computador com os softwares; recipientes de vidro; dessecador.

O experimento foi dividido em 3 etapas:

### ***Etapa 1 - Método da estufa a pressão atmosférica***

Primeiramente foram separados 10 cadinhos para a obtenção da umidade inicial da soja.

Foram colocados aproximadamente 5 gramas de soja em cada cadinho previamente tarado, e em seguida, estes foram levados à estufa por 24 horas à temperatura de 105°C (Adolfo Lutz, 1976). Por meio da equação (1) foi obtido o teor de água inicial.

$$u\% = 100 \times \frac{(mi - ms)}{(mi - t)} \quad (1)$$

Onde:

mi = massa úmida inicial; ms = massa seca; t = tara do cadinho

Dada a umidade inicial, foram realizados cálculos para a determinação da massa de água necessária para alterar a umidade dos grãos para 30% e 50%.

Em seguida foram separadas 2 amostras de 300g de soja, em recipientes de vidro com tampa, e neles foram acrescentadas as massas de água estipuladas através da equação (2).

$$\begin{aligned} ma &= mi - ms \\ U \times (t - ms) &= ma \quad (2) \end{aligned}$$

Onde:

ma é a massa de água a ser acrescentada.

Os dois recipientes foram acondicionados à temperatura de 5°C para evitar a proliferação de fungos, e agitados periodicamente a fim de umedecer uniformemente todos os grãos neles contidos.

Após atingido o equilíbrio osmótico da soja, foram separados 20 cadinhos, 10 deles destinados para a amostra de 30% de umidade e 10 deles destinados para a amostra de 50% de umidade.

Foi determinado o teor de água das amostras em estufa por 24 horas à temperatura de 105°C.

### ***Etapa 2 - Método Infravermelho***

Nesta etapa primeiramente cerca de 150 g de grãos de soja à umidade inicial foram triturados por um processador, e em seguida 5 g da amostra triturada foram inseridas no equipamento de Infravermelho.

O equipamento foi ligado à temperatura de 130°C e o processo de análise tem duração de cerca de 28 minutos por amostra.

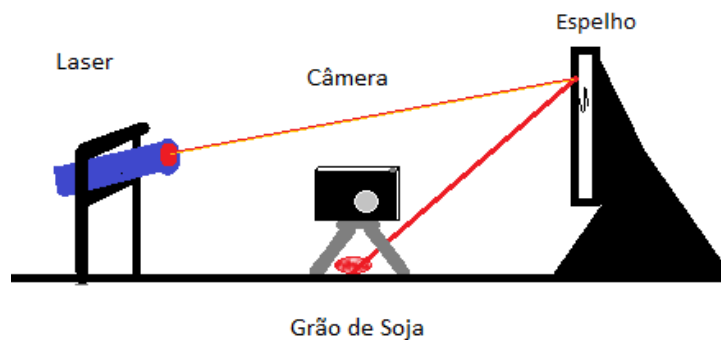
Foram realizadas 10 repetições para cada umidade (11; 30 e 50%).

### ***Etapa 3 - Método Biospeckle***

Foram separados 10 grãos de soja de cada umidade, para a aplicação do método Biospeckle.

O laser foi fixado e distava 40 cm do espelho, de modo que sua luz laser era refletida pelo espelho iluminando uma região de 10 cm<sup>2</sup> da mesa de montagem, onde eram colocados os grãos.

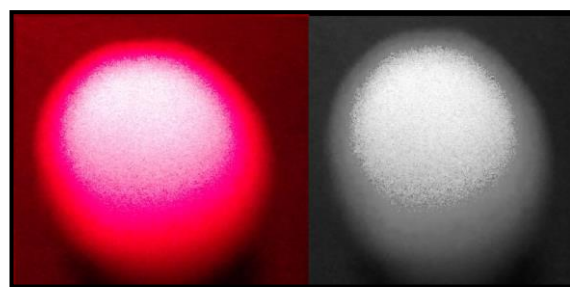
Com o auxílio de um tripé, a câmera permaneceu imóvel durante todo o experimento, e através desta, foram registrados 15 vídeos de cada umidade, com duração de 20 segundos, utilizando-se o zoom máximo (21 X).



**Figura 1** Esquema de montagem da Etapa 3 do experimento.

Após a coleta de dados, os vídeos foram divididos em frames através de um algoritmo executado pelo programa MatLab 4.0.

Em seguida, os frames foram tratados pelo programa ImageJ, sendo convertidos para 8 bits (imagens em escala de cinza) e então processados para o cálculo do MI.



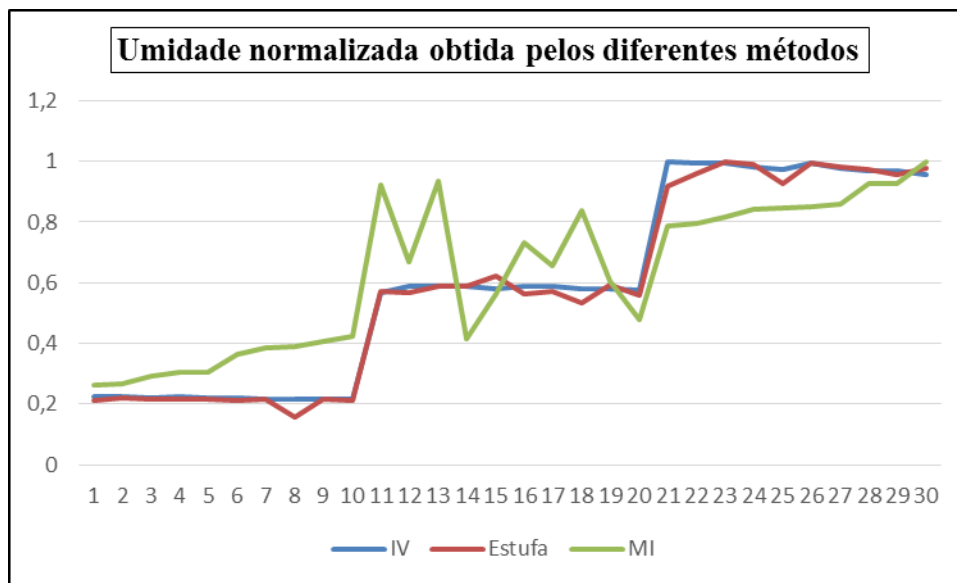
**Figura 2:** Processamento de imagens para 8 bits por ImageJ

Foi obtido o teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do software Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2003) para os valores de MI nas diferentes umidades. Foi obtida também a correlação entre os diferentes métodos para determinação da umidade e o Biospeckle através do software Origin versão 6.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método da estufa à pressão atmosférica é usado como base de comparação entre outros métodos de determinação de umidade por ser um dos mais precisos métodos conhecidos.

Para comparação entre os métodos foi realizada a normalização dos dados de MI e dos valores de umidade obtidos pelos métodos da estufa e infravermelho, e em seguida estabelecida uma correlação entre os métodos. O resultado da normalização pode ser observado na Figura 3.



**Figura 2:** Gráfico normalizado contendo curvas representando os 3 métodos nas umidades 11, 30 e 50%. IV: Método do Infravermelho; Estufa; MI: Momento de Inércia.

Os dados de momento de inércia foram processados pelo software SISVAR para determinar a variância dos dados entre as diferentes umidades, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação entre as médias, e foram obtidos os seguintes resultados:

**Tabela 1:** Análise de variância da variável MI.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>FC</b>
<b>Tratamentos</b>	2	3,62	1,81	274,78
<b>Repetições</b>	33	3,98	0,12	18,32
<b>Erros</b>	66	0,43	0,007	---
<b>Total Corrigido</b>	101	8,04	---	---

CV (%) = 7,18; Média geral: 1,13; Número de observações: 112; FV-Fonte de Variação; GL - Graus de Liberdade; SQ - Soma de Quadrados, feita pela soma dos quadrados das diferenças entre cada observação e a média geral do experimento; QM - Quadrados Médios, obtidos pela razão entre a Soma de Quadrados e o número de Graus de Liberdade; Fc - Valor de F calculado; Pr>Fc - Nível de significância; CV - Coeficiente de Variação.

**Tabela 2:** Média harmônica do número de repetições, erro padrão, DMS, NMS.

<b>DMS</b>	<b>NMS</b>	<b>Média harmônica do número de repetições (r)</b>	<b>Erro Padrão</b>
0,047	0,05	34	0,014

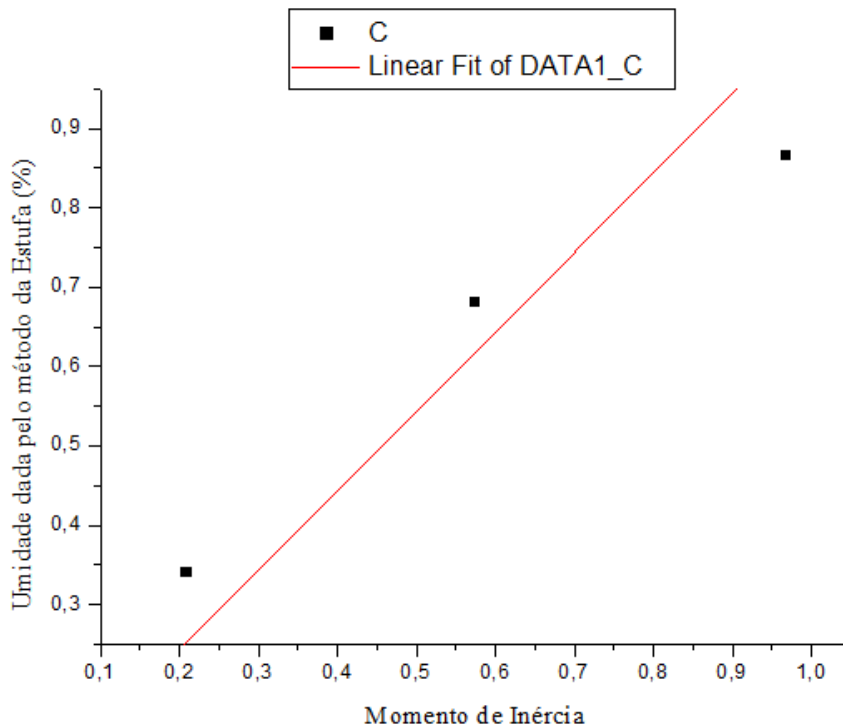
DMS: Diferença Mínima Significativa; NMS: Número Mínimo Significativo; CV: Coeficiente de Variação.

**Tabela 3:** Média dos momentos de inércia não normalizados, e resultado do teste de Tukey.

<b>Médias MI</b>	<b>Resultados</b>	<b>Umidades teóricas (%)</b>
0.872171	A1	11
1.201203	A2	30
1.317047	A3	50

Médias seguidas pela mesma letra e número, dentro de cada umidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Pode-se observar que os diferentes teores de água foram diferenciados pelo teste de Tukey, sendo as maiores médias de MI correspondentes aos maiores teores de água das amostras. Já as menores médias de MI corresponderam aos menores teores de água.



**Figura 3:** Gráfico da correlação entre média dos teores de umidade pelo método da estufa e MI.

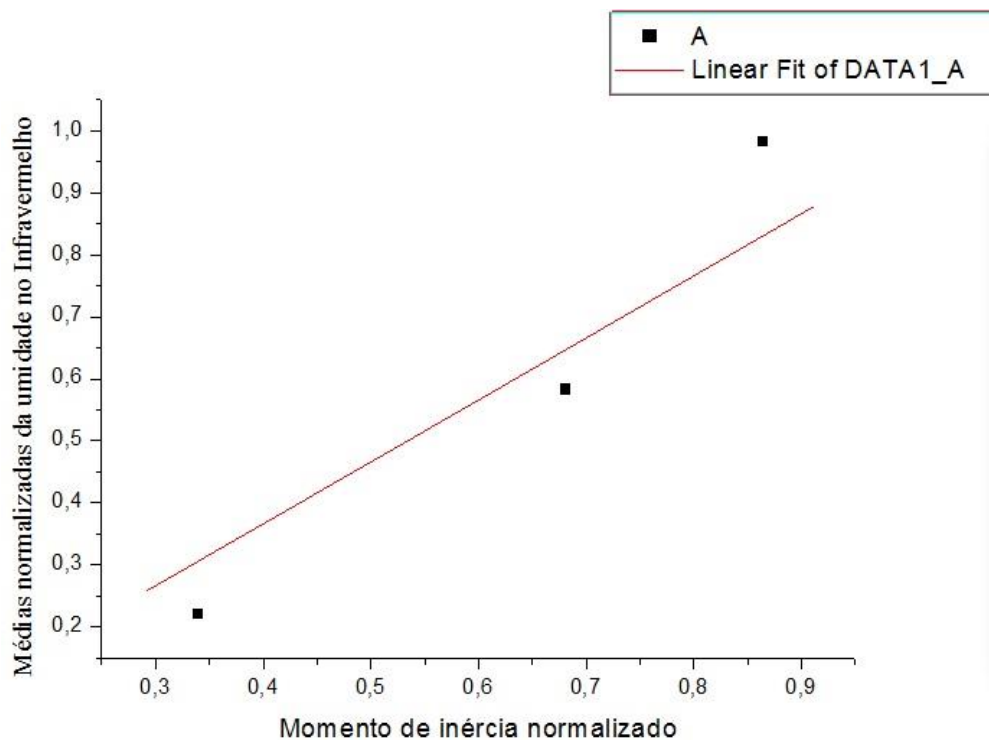
A figura 4 representa a média das umidades 11; 30 e 50% obtidas pelo método da Estufa à pressão atmosférica (normalizadas) *versus* o valor normalizado de MI, e através da linearização desse gráfico obtemos a equação de reta de correlação:

$$Y = 0,04456 + 1 * X$$

[29/04/2016 16:30 "/Graph1" (2457507)]  
 Linear Fit for DATA1\_C on linearized scales.  
 yscale(Y) = A + B \* xscale(X)  
 where scale() is the current axis scale function.

Parameter	Value	Error		
A	0,04456	0,07418		
B	1	--		
R	SD	N	P	
0,98149	0,12848	3	0,12371	

Já para a figura 5, a equação de reta obtida foi  $Y = -0,03411 + 1 * X$



**Figura 5:** Gráfico da correlação entre média dos teores de umidade obtidos pelo infravermelho e MI.

```
[30/04/2016 09:51 "/Graph1" (2457508)]
Linear Fit for DATA1_A on linearized scales.
yscale(Y) = A + B * xscale(X)
where scale() is the current axis scale function.
```

Parameter	Value	Error	
A	-0,03411	0,07549	
B	1	--	
R	SD	N	P
0,98011	0,13076	3	0,06076

O coeficiente de correlação entre os métodos infravermelho e Biospeckle foi de aproximadamente 0,98, bem como o coeficiente de correlação entre o método da estufa à pressão atmosférica e o Biospeckle, o que mostra uma elevada correlação entre os métodos tradicionais e o Biospeckle para determinar o teor de água.

## CONCLUSÃO

Pode-se observar o Biospeckle permite determinar a umidade das amostras, porém o cálculo do momento de inércia apresenta um elevado coeficiente de variação (7,18%).

Para a leitura dos valores de umidade é necessário realizar mais experimentos de forma que os valores de MI possam ser convertidos em valores de umidade das amostras.

## REFERÊNCIAS

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. SP. 2 ED. 1976. 372p

AMARAL, I. C. **Aplicação da técnica do Biospeckle laser na determinação de fenômenos biológicos relacionados à maturação da carne bovina**. 2012. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/exportacao> Acesso em Abril de 2016

BROOKER, D.B., Bakker-Arkema, F.W., Hall, C.W., 1992. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.

FERREIRA, D. **SISVAR software**: versão 5.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm> Acesso em: 15 nov. 2010.

NOBRE, C. M. B. et al. Biospeckle laser spectral analysis under Inertia Moment, Entropy and Cross-Spectrum methods. **Optics Communications**, v. 282, n. 11, p. 2236–2242, jun. 2009.

RABELO, Giovanni F.; BRAGA JUNIOR, Roberto A. and FABBRO, Inácio M. D.. Laser speckle aplicado a avaliação de qualidade de laranjas. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2005, vol.9, n.4, pp.570-575.

SILVA, E. R. **Estudo das propriedades do Biospeckle e suas aplicações**. 2007. 120p. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.