

## DESENVOLVIMENTO DE UM SENSOR CAPACITIVO PARA MASSA ESPECÍFICA DE SEMENTES DE SOJA

**FRANCIELE KROESSIN<sup>1</sup>, ADAMO ARAÚJO<sup>2</sup>, GIZELE INGRID GADOTTI<sup>3</sup>,  
FRANCISCO AMARAL VILELLA<sup>4</sup>, HENRIQUE PEGLOW DA SILVA<sup>5</sup>**

1 Graduanda em Engenharia Agrícola, (CENG/UFPEL), bolsista do programa de educação tutorial, Pelotas – RS, (54)999244949, kroessinkroessin@gmail.com

2 Prof Dr. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas – RS, (53)81237678, adamoeng@gmail.com

3 Profª Drª. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas – RS, (53) 81034581, gizeleingrid@gmail.com

4 Prof Dr. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas – RS, (53)99324558, francisco.vilella@ufpel.edu.br

5 Graduando em Engenharia Agrícola, (CENG/UFPEL), bolsista do programa de educação tutorial, Pelotas – RS, (53) 99125864, henrique.peglow96@gmail.com

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** A massa específica de sementes é utilizada como indicativo de vigor, pois sementes com enchimento incompleto, atacada por pragas ou até mesmo mecanicamente danificadas, apresentam redução da massa específica, assim causando diminuição da qualidade fisiológica do lote de sementes. A mesa de gravidade utiliza como princípio de separação a diferença de massa específica. O sensor capacitivo utiliza a semente como dielétrico, sendo que a massa específica, teor de água e temperatura das sementes influenciam na resposta do sensor. Sendo assim, objetivou-se desenvolver um sensor capacitivo que possa ser instalado na mesa de gravidade a fim de medir a massa específica de sementes.

Foram utilizadas sementes de soja das cultivares Potência RR e Brasmax RR, para a análise de resultados individuais. O sensor mostrou-se eficiente para a determinação da massa específica, mas ainda apresenta a dependência de conhecimento prévio do teor de água e da temperatura das sementes de soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** mesa de gravidade, permissividade dielétrica, automação

### DEVELOPMENT OF A CAPACITIVE SENSOR FOR SPECIFIC MASS OF SOYBEAN SEEDS

**ABSTRACT:** The specific mass of seeds is used as an indication of vigor, because seeds with incomplete filling, attacked by pests or even mechanically damaged, present a reduction in specific mass, thus causing a decrease in the physiological quality of the seed lot. The gravity table uses the difference in specific mass as the separation principle. The capacitive sensor uses the seed as a dielectric, and the specific mass, water content and temperature of the seeds influence the sensor response. Therefore, the objective was to develop a capacitive sensor that can be installed on the gravity table in order to measure the specific mass of seeds.

Soybean seeds of the cultivars Poder RR and Brasmax RR were used to analyze individual results. The sensor proved to be efficient for determining the specific mass, but it still depends on prior knowledge of the water content and temperature of the soybean seeds.

**KEYWORDS:** gravity table, dielectric permittivity, automation

**INTRODUÇÃO:** A área de cultivo da soja (*Glycine max* L. Merrill) está em plena expansão e com ela a maior necessidade de incrementar produtividade, a fim de atender a demanda global de alimentos. O conhecimento sobre os princípios físicos, dentre eles a massa específica, contribui para a melhoria dos equipamentos de beneficiamento de sementes, aumentando a sua eficiência na separação de lotes. A massa específica (massa por unidade de volume ocupado por um sólido granulométrico) tem uma relação positiva com a concentração energética em grãos e sementes (WOODBURY; WEINHEIMER, 1965). A massa específica de um lote de sementes pode variar em função de diferentes fatores como ataque de insetos, doenças, maturação e precipitação pluvial próximo a colheita. Sementes de baixa massa específica possuem baixo vigor ou até mesmo podem não ser viáveis (PESKE; BAUDET, 2012). A medição rápida, exata e precisa do teor de água e massa específica de grãos e sementes é de grande importância nas operações de colheita, secagem, armazenamento, comercialização e beneficiamento de produtos agrícolas. Nesse sentido as propriedades dielétricas ou permissividade de materiais agrícolas e produtos alimentares são bons parâmetros para determinar a forma como eles interagem com um campo elétrico.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sensor capacitivo para medir a massa específica em sementes de soja.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido no Laboratório Didático de Beneficiamento de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, RS. Foi utilizada sementes de soja, oriundas da safra 2015/2016 com massa específica de  $700\text{kg m}^{-3}$ , umidade inicial em média de 11%. Nos testes foi utilizada uma mistura de sementes de soja das cultivares, para se obter valores médios para essa espécie. Um sensor capacitivo foi projetado para que o volume de sementes no seu interior fosse de aproximadamente 250mL, tendo em vista o volume utilizado convencionalmente em balança de peso hectolitro. Para obter a capacitância do sensor, foi utilizada uma adaptação da equação da estrutura da arquitetura de um capacitor cilíndrico segundo a Lei de Gauss. Para realizar as aferições, foi acoplado ao sensor um medidor de resistência, capacitância e indutância - LCR, com capacidade de analisar a impedância elétrica, sendo essa a alteração no fluxo magnético, a leitura dos parâmetros de resistores, indutores e capacitores em diversas frequências. Para obter a permissividade do material se abastece o sensor com sementes no seu interior retirando o excesso, se obtendo a medida de Capacitância cheio ( $C_{\text{cheio}}$ ). Logo após realiza-se a medida com o sensor vazio ( $C_{\text{vazio}}$ ). A razão entre a medida do sensor abastecido e do sensor vazio é diretamente a permissividade causada pelo material, pois todos os outros fatores estruturais ( $\epsilon_0, L, D_B$  e  $D_A$ ) do sensor permanecem iguais, anulando o seu efeito, restando apenas a permissividade dielétrica total. Para análise estatística foram utilizadas três repetições para cada níveis de frequência analisado. Os fatores analisados foram: permissividade dielétrica total ( $\epsilon$ ), permissividade dielétrica real ( $\epsilon'$ ) e permissividade dielétrica imaginária ( $\epsilon''$ ), em relação à massa específica ( $\rho$ ), e teor de água ( $U$ ) e temperatura ( $T$ ) de sementes. Todos os fatores foram medidos em três frequências (1, 10 e 100 kHz). Foram utilizados testes de correlação múltipla e regressão linear.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O resultado da análise de correlação para massa específica ( $\rho$ ) demonstraram que houve uma alta correlação com a permissividade dielétrica total ( $\epsilon$ ), a permissividade dielétrica real ( $\epsilon'$ ) e a permissividade dielétrica imaginária ( $\epsilon''$ ). Essa alta

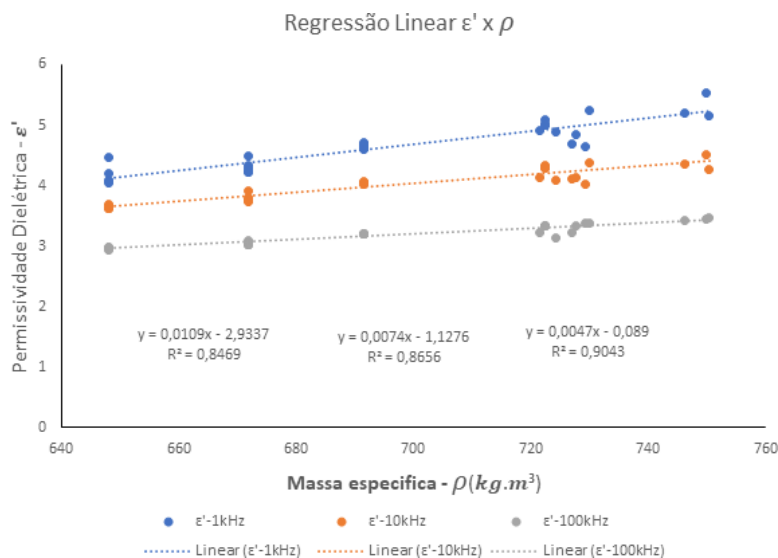
correlação mostrou-se em todas as frequências analisadas, assim, não havendo diferença entre as frequências. Todos os valores de correlação foram significativos (Tabela 1).

**Tabela 1:** A correlação de Pearson entre a massa específica ( $\rho$ ) das sementes de soja e as permissividades dielétrica total ( $\epsilon$ ), permissividade dielétrica real ( $\epsilon'$ ) e permissividades dielétrica imaginária ( $\epsilon''$ ) nas frequências de 1 kHz, 10 kHz e 100 kHz

	1 kHz			10 kHz			100 kHz			$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	
	$\epsilon$	$\epsilon'$	$\epsilon''$	$\epsilon$	$\epsilon'$	$\epsilon''$	$\epsilon$	$\epsilon'$	$\epsilon''$		
1 kHz	$\epsilon$	-	1,00 *	0,92 *	0,97 *	0,97 *	0,96 *	0,95 *	0,95 *	0,96 *	0,93 *
	$\epsilon'$		-	0,93 *	0,97 *	0,97 *	0,97 *	0,95 *	0,95 *	0,96 *	0,92 *
	$\epsilon''$			-	0,86 *	0,87 *	0,93 *	0,84 *	0,84 *	0,84 *	0,85 *
10 kHz	$\epsilon$				-	1,00 *	0,94 *	0,99 *	0,99 *	0,99 *	0,93 *
	$\epsilon'$					-	0,95 *	0,99 *	0,99 *	0,99 *	0,94 *
	$\epsilon''$						-	0,91 *	0,91 *	0,92 *	0,94 *
100 kHz	$\epsilon$							-	1,00 *	0,98 *	0,90 *
	$\epsilon'$								-	0,98 *	0,90 *
	$\epsilon''$									-	0,90 *
											-

Esses dados corroboram com vários autores com Kim et al., 2003; Wild e Haedicke, 2005; Jones et al., 2006 e Kumhala, et al. 2009, ao descreverem as propriedades dielétricas como dependente da frequência, teor de água, massa específica, da temperatura, da composição química e do permanente dipolo formando pela água e os componentes. Nesse estudo, a composição química foi parcialmente controlada, pois se trabalhou apenas com sementes de apenas uma espécie, a soja.

Analisando os dados da regressão linear (Figura 1), ao se fixar o teor de água das amostras e temperatura, verificou-se que há maior linearidade e estabilidade dos dados nos resultados para massa específica na frequência de 100 kHz, que se apresentou como mais adequada para o sensor em desenvolvimento.



**Figura 1:** Regressão linear das massas específicas de sementes de soja com as permissividades dielétricas reais nas frequências 1kHz, 10 kHz e 100 kHz.

**CONCLUSÕES:** O sensor capacitivo desenvolvido, associado ao sensor de temperatura é eficiente para determinar a massa específica de sementes de soja. O aumento da frequência de medição do sensor constitui-se em um fator que melhora a estabilidade dos dados.

**REFERÊNCIAS:** BERBERT, P. A. Avaliação de três modelos dielétricos derivados da função  $[(\epsilon' - 1)/\epsilon'']$  na estimativa do teor de água de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 8, n. 1, p.92-101, 14 fev. 2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos**. v.2, n.10 (2015) - Brasília: Conab, 2015, 82p.

JONES, C. L. et al. Plant biomass estimation using dielectric properties. **American Society Of Agricultural Engineers**, Portland, v. 1, n. 063092, p.1-15, ago. 2006.

KRAUS, J.D.; CARVER, K.R. **Electromagnetics**. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha Ltd, 1973. 828p.

KIM, K. B. et al. On-Line Measurement of Grain Moisture Content Using RF Impedance. **American Society Of Agricultural Engineers**, [s. L.], v. 46, n. 3, p.861-867, jan. 2003.