

SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA DETERMINAÇÃO DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE GRÃOS

AGNALDO SANTANA SANTOS¹, WELINGTON GONZAGA DO VALE², PATRICIA AZEVEDO CASTELO BRANCO DO VALE³, ADILSON MACHADO ENES⁴, MARIANA DIAS MENESES⁵, EDUARDO JOSÉ SANTOS⁶

¹ Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, UFS, São Cristóvão-SE, agnaldosantana2501@gmail.com

² Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, UFS, São Cristóvão-SE, valewg@gmail.com

³ Prof.a Dr.a, Depto. de Zootecnia, Universidade Federal de Sergipe, UFS, Sertão-SE, patriciavale78@gmail.com

⁴ Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, UFS, São Cristóvão-SE, adilsonenes@gmail.com

⁵ Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista, dias.meneses@unesp.br

⁶ Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, UFS, São Cristóvão-SE, eduardo22santos@hotmail.com

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: As propriedades físicas dos grãos são um fator essencial para tomar a decisão correta ao iniciar uma colheita, manter a qualidade no armazenamento e para a comercialização dos mesmos. Com isso a presente pesquisa resultou em um equipamento de baixo custo, que mede as propriedades físicas dos grãos como a massa específica aparente e o teor de água. Foi calibrado com dois tipos de grãos, milho e feijão, usando o método padrão da estufa a 105°C por 24h, com a umidade variando de 6,18 a 11,08% para o milho e de 8,21 a 13,75% para o feijão, obtendo um excelente resultado com o coeficiente de determinação R² de 0,998 para o feijão e 0,999 para o milho. A massa específica aparente foi calibrada usando uma balança de precisão e um kit de peso hectolitro, ao fazer o teste de calibração obteve um R² de 0,928 para o feijão e de 0,926 para o milho, mostrando um bom resultado. Assim o equipamento desenvolvido pode ser considerado uma tecnologia útil para o pequeno produtor.

PALAVRAS-CHAVE: densidade aparente, teor de água, equipamento.

LOW-COST SYSTEM FOR DETERMINATION OF APPARENT SPECIFIC MASS OF GRAINS

ABSTRACT: The physical properties of the grains is an essential factor for making the right decision when starting a harvest, maintaining the quality in storage and also for the commercialization. With that, the present research resulted in a low-cost equipment, which measures the physical properties of the grains as the apparent specific mass and the water content. It was calibrated with two types of grains, corn and beans, using the standard method in an oven at 105°C for 24h, with humidity ranging from 6.18 to 11.08% for corn and from 8.21 to 13.75% for beans, obtaining an excellent result with the coefficient of determination R² of 0.998 for beans and 0.999 for corn. The apparent specific mass was calibrated using a precision balance and a hectoliter weight kit, when performing the calibration test, he obtained an R² of 0.928 for beans and 0.926 for corn, showing a good result. Thus, the developed equipment can be considered a useful technology for the small producer.

KEYWORDS: bulk density, water content, equipment.

INTRODUÇÃO: Com o crescente aumento da população mundial elevando a demanda por alimentos, a produção de grãos se torna uma preocupação de escala global. O Brasil tem uma produção relevante de grãos. Segundo Campos (2021), os dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), “a safra de grãos, cereais e leguminosas no Brasil deve alcançar o recorde de 263 milhões de toneladas em 2022.” A Companhia Nacional de Abastecimento relata que dezenas de especialistas estão estudando os impactos na quantidade de grãos ofertadas devido as perdas significativas nos processos de armazenamentos (CONAB, 2021), para evitá-las, características dos grãos precisam ser preservadas para que o armazenamento seja feito de forma correta, preservando seus padrões físico-químicos, sendo a massa específica e o teor de água, as propriedades mais importantes quando se refere ao armazenamento e comercialização. A umidade pode ser determinada rapidamente pelo método indireto. Alguns equipamentos de bancadas conseguem medir a massa específica aparente e o teor de água do grão, porém ainda tem elevado custo para o pequeno produtor, não sendo economicamente inviável a aquisição dele. O presente projeto tem como objetivo desenvolver um sistema de baixo custo para determinação de massa específica aparente de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS: O equipamento foi desenvolvido no laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola e os ensaios referente a calibração foram realizados no laboratório de Máquinas e Motores, da Universidade Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, SE. Primeiramente foi desenvolvida a modelagem do protótipo no software de computação gráfica SolidWorks, criando a modelagem tridimensional e para impressão utilizou-se a impressora 3D (CREALITY ENDER 3 PRO), o material do filamento utilizado para impressão foi o PLA. No desenvolvimento do protótipo foram utilizados dois eletrodos cilíndricos concêntricos com diâmetros diferentes, a placa de desenvolvimento Arduino UNO, módulo micro-SD SPI, sensor de temperatura DS18B20, 2 Micros Servos motores (SG90), módulo de tela oled 128x64, célula de carga 5 kg, e um amplificador de sinal HX711. Toda a programação das funções executadas no microcontrolador foi desenvolvida pela multiplataforma (IDE) do Arduino utilizando a linguagem C++. Ao inserir grãos no equipamento, o mesmo mede a temperatura no funil, e ao abrir a tampa, o grão cai direcionado na parte superior cônica do eletrodo interno de forma que os grãos se arranjam de forma natural até preencher completamente o eletrodo externo, um servo motor é acionado retirando excesso dos grãos, posteriormente a célula de carga é acionada para estimar a massa específica aparente, e uma tensão é enviada de uma porta analógica para o eletrodo externo estimando a constante dielétrica pelo método capacitivo, o grão é liberado logo em seguida e os dados são mostrados no display ao usuário e também armazenados no cartão de memória. Para calibrar a massa específica aparente, foi utilizado um kit de peso hectolitro como referência para medir a massa específica aparente dos grãos e posteriormente pesado na balança de precisão. Foram utilizados os grãos de milho e de feijão para as medições, os dados foram ajustados por regressão e geraram uma equação de calibração para o sensor desenvolvido. Para fazer a calibração do medidor de umidade foram utilizadas três amostras de 1,2kg para cada grão de milho e de feijão com três teores de umidade diferentes para cada tipo de grão (total de 6 amostras). Foram feitas 5 medições no protótipo, obtendo-se o valor da constante dielétrica para cada teor de umidade do milho e do feijão, posteriormente foi obtida a média dos valores da constante dielétrica, encontrando três valores diferentes para cada tipo de grão. Após as medições no protótipo retirou-se três amostras de 50g de grãos para cada teor de umidade dos grãos para determinação da umidade do teor de água pelo método padrão da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}/24\text{h}$ de acordo a metodologia sugerida pela RAS durante

24 horas conforme as Regras Para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Os valores de umidade calculado foram plotados no software Minitab 19 correlacionando com os valores da constante dielétrica e obtendo uma equação de calibração ajustado por modelo de regressão, sendo possível determinar a umidade do grão de forma indireta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A umidade dos grãos variou de 6,18% a 11,08% para o milho e de 8,21% a 13,75% para o grão do feijão.

Foram realizadas duas medições de massa específica aparente dos dois tipos de grão (milho e feijão). Os valores obtidos variaram entre 792,96 a 848,37 g/ph para o feijão e 789,65 a 810,17g/ph para o milho. Tal variação era devido a diferença de umidade entre os grãos.

A equação de calibração gerada para o sensor e seu respectivo coeficiente de determinação (R²) estão apresentados na Figura 2 para o feijão e milho.

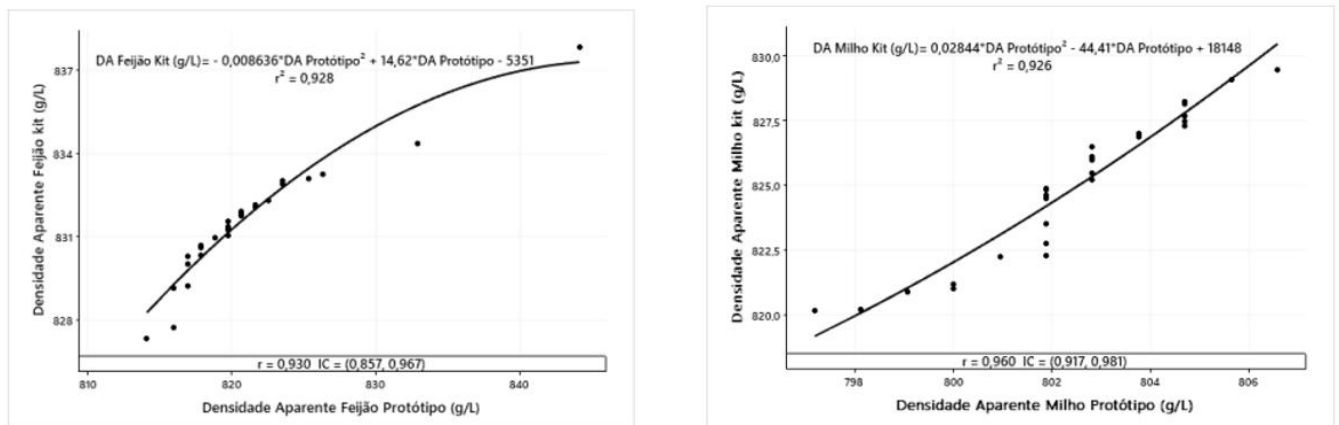


FIGURA 2. Gráfico de comparação entre os valores de densidade aparente para feijão (lado esquerdo) e para o milho (lado direito) determinado pelo aparelho padrão e o protótipo.

Os coeficientes de determinação R² evidenciaram R²= 0,926 e r² = 0,928 para o milho e feijão respectivamente. Os valores de R² foram similares entre os grãos em questão, contrapondo com o que fora encontrado no estudo feito por Botelho et al (2018) que afirmam que tanto o tamanho, quanto a forma dos grãos influenciam na determinação da massa específica aparente.

A análise do gráfico de Bland e Altman da Figura 3, que avalia a concordância entre os valores da densidade aparente determinado pelo aparelho padrão e o protótipo, permitiu verificar que a maior parte dos valores se encontra dentro dos limites estabelecidos. Percebe-se que em média há uma diferença de 22,6 g entre os valores registrados para o milho. E uma diferença de 10,5 g entre os valores registrados para o feijão, apresentando um nível satisfatório de concordância.

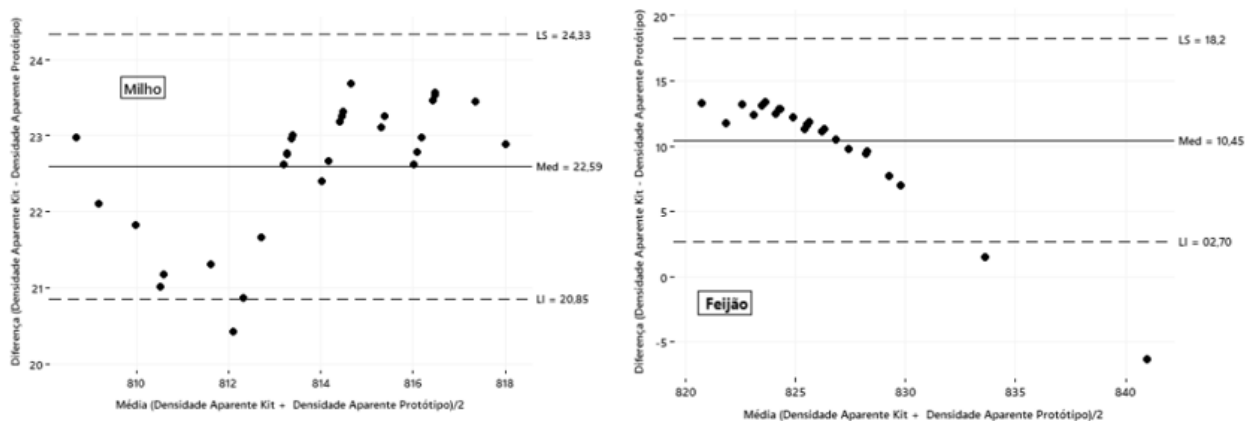


FIGURA 3. Gráfico de BLAND e ALTMAN para comparações entre valores da densidade aparente para o milho (gráfico a esquerda) e feijão (gráfico a direita) determinado pelo aparelho padrão e o protótipo

Os materiais adquiridos foram orçados e resultaram num total de R\$ 594,00. Valor este que representa apenas 22,86% do custo do kit de peso hectolitro que é aproximadamente R\$ 2.600 no site da fabricante GEHAK, onde ele consegue determinar apenas o peso específico do grão.

CONCLUSÕES: Foi desenvolvido um dispositivo alternativo eficiente para monitorar a massa específica aparente e o teor de umidade dos grãos, seu custo de produção o torna acessível para o pequeno produtor uma vez que equipamentos semelhantes possuem custo elevado.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a UFS, pela concessão da bolsa de iniciação científica e pela estrutura cedida para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, G. D. M. **Sistema de baixo custo para determinação do teor de água e massa específica aparente de feijão e milho.** Botelho et al., v.11, n.41, p. 251-259, Dourados, 2018.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. cap.7, p. 308 a 323.

CAMPOS, A. IBGE prevê safra recorde de 258,5 milhões de toneladas em 2021: A produção deste ano deve ser 1,7% superior à de 2020. Rio de Janeiro: Valéria Aguiar, 8 jul. 2021. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-07/ibge-preve-safrarecorde-de-2585-milhoes-de-toneladas-em-2021>. Acesso em: 8 ago. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas.** Brasília, DF: Conab, 2021. p. 197

Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 145-154, 2012.

Silva, D. R. B., Paiva, E. C., Júnior, J. G. L., da Silva Machado, L. T., Abrahão, S. A., & da Cunha Siqueira, W. **DETERMINAÇÃO DA CURVA DE UMIDADE DO GRÃO DE MILHO POR MEDIDA DE CAPACITÂNCIA. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE UMIDADE DO GRÃO DE MILHO POR MEDIDA DE CAPACITÂNCIA,** 1-388.