

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

Agnaldo S. Santos^{1*}, Welington G. Vale², Douglas R. Costa³, Patricia A.C.B.Vale⁴, Eduardo J. Santos¹

1. Estudante de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe (UFS-SE)

2. Professor da UFS-SE - Departamento De Engenharia Agrícola/Orientador

3. Professor da UFS-SE – Departamento de Engenharia Agrícola

4. Professor da UFS-SE – Departamento de Zootecnia

Resumo

As propriedades físicas dos grãos é um fator essencial para tomar a decisão correta ao iniciar uma colheita, manter a qualidade no armazenamento e também para a comercialização dos grãos. 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 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 r^2 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 r^2 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 da Agricultura de precisão para o pequeno produtor.

Palavras-chave: Densidade aparente, teor de água do grão, equipamento.

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), “estima que a safra de grãos, cereais e leguminosas no Brasil deve alcançar o recorde de 258,5 milhões de toneladas em 2021.” A CONAB – 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). Algumas propriedades dos grãos precisam estar em uma determinada faixa para que o armazenamento seja feito de forma correta, prevenindo perda da qualidade, características físicas e químicas, sendo a massa específica e o teor de água, as propriedades mais importantes quando se refere ao armazenamento e comercialização dos grãos. A umidade pode ser determinada pelo método indireto, obtendo-se de maneira rápida os resultados. Alguns equipamentos de bancadas conseguem medir a massa específica aparente e o teor de água do grão, porém ainda são considerados de elevado custo para o pequeno produtor, não sendo economicamente viável a aquisição do mesmo.

O Arduino UNO é um conjunto de hardware e software livre que tem como principal componente uma plataforma de desenvolvimento de projetos eletrônicos capaz de controlar diversos sensores e equipamentos. O equipamento que suporta o sistema foi projetado pelo software de modelagem SolidWorks, e posteriormente impresso usando a tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Definição) e uma impressora 3D FDM. Visando a implementação de agricultura de precisão para os pequenos produtores, esse projeto tem como objetivo desenvolver um sistema de baixo custo para determinação de massa específica aparente de grãos. O sistema foi desenvolvido através do microcontrolador Arduino UNO, armazenando os dados em cartão de memória e informando ao usuário os valores de massa específica aparente e teor de água dos grãos por meio de um display LCD. Usando essas tecnologias foi possível materializar o equipamento e o sistema de forma precisa, com fácil repetibilidade.

Metodologia

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 – UFS, SE. Primeiramente foi desenvolvido a modelagem do protótipo no software de computação gráfica SolidWorks, criando a modelagem tridimensional e na impressão utilizou a impressora 3D (CREALITY ENDER 3 PRO), o material utilizado 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++.

O equipamento ao ser alimentado por grãos, mede a temperatura no funil, e ao abrir a tampa do mesmo, 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 em cartão de memória.

Para calibrar 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 gerou 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 fez 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

Calibração da umidade em função da constante dielétrica dos grãos

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. Após as análises estatísticas, o coeficiente de determinação r^2 se mostrou bem próximo de 1, demonstrando assim que o equipamento está funcionando de forma muito eficiente. O resultado encontrado foi de acordo com o esperado, pois o teor de água dos grãos está em uma faixa na qual usando o método capacitivo, consegue determinar o teor de água de maneira satisfatória. Logo abaixo temos na figura 1 os gráficos das análises referente ao teor de água definida no método padrão da estufa e a constante dielétrica lida no aparelho.

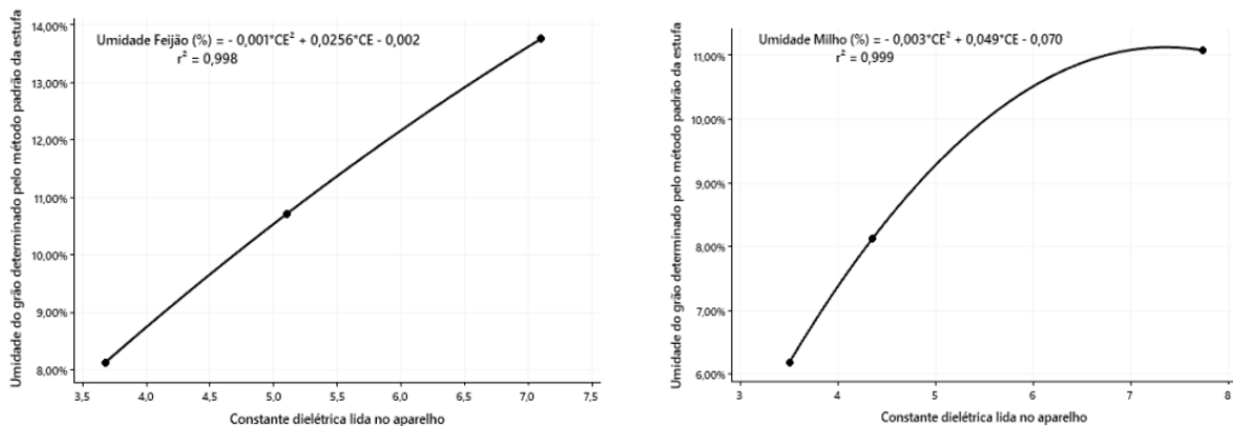


Figura 1. Gráfico de comparação entre os valores de umidade dos grãos de feijão (gráfico a esquerda) e do milho (gráfico a direita) determinado pelo método padrão da estufa, e os valores de constante dielétrica registrados pelo protótipo.

Densidade Aparente.

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 (R^2) estão apresentados na Figura 2 para o feijão e milho.

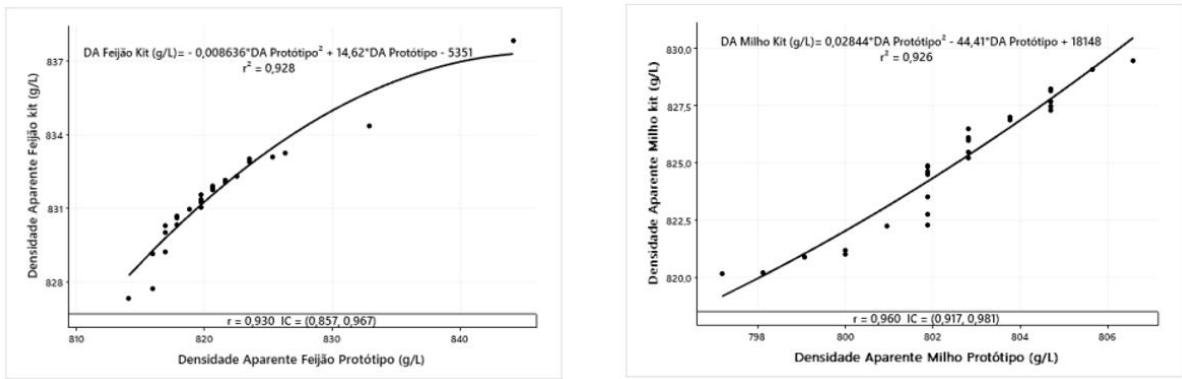


Figura 2. Gráfico de comparação entre os valores de densidade aparente para feijão (lado esquerdo) e para o milho (lado direito) determinado pelo aparelho padrão e o protótipo.

Os coeficientes de determinação r^2 evidenciaram $r^2 = 0,926$ e $r^2 = 0,928$ para o milho e feijão respectivamente. Os valores de r^2 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. Logo abaixo na figura 3 é possível observar a análise do método de BLAND e ALTMAN.

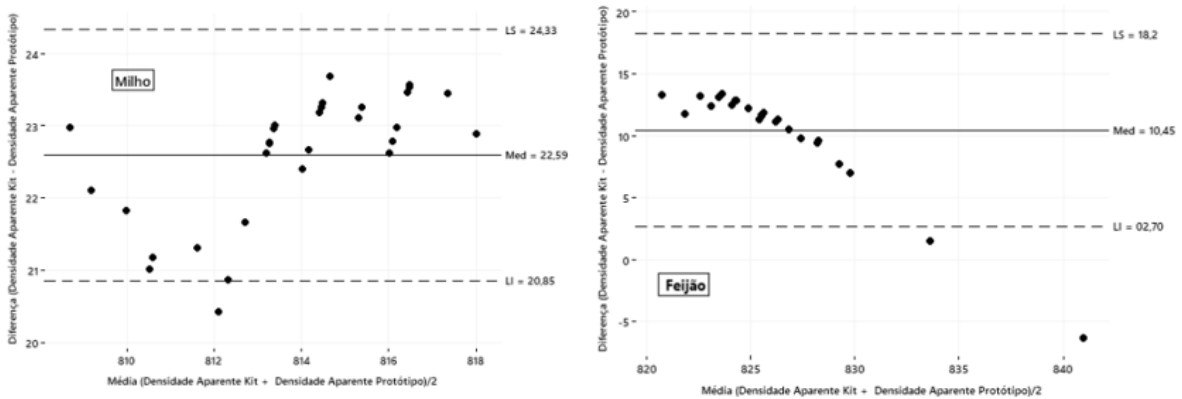


Figura 3. Gráfico de BLAND e ALTMAN para comparações entre valores da densidade aparente para o milho (gráfico a esquerda) e feijão (gráfico a direita) determinado pelo aparelho padrão e o protótipo.

A análise do gráfico de Bland e Altman da FIGURA 3, que avalia a concordância entre os valores da massa específica 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.

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 o mesmo consegue determinar apenas o peso específico do grão.

Logo abaixo é disponibilizado a figura 4, onde o que está a esquerda é referente ao equipaneto modelado e renderizado no softWare SolidWorks, e a segunda, do lado direito, refere-se ao equipamento montado no laboratório após os testes realizados.



Figura 4. Imagens referente ao equipamento desenvolvido, a esquerda refere-se a modelagem no soldWorks e a direita refere-se ao equipamento confeccionado na impressora 3D logo após feito os testes no laboratório.

Conclusões

Foi desenvolvido um sistema de baixo custo para determinação de massa específica aparente de grãos juntamente com o desenvolvimento do seu hardware e software. Para os testes desses equipamentos foram escolhidos os grãos de milho e feijão, por serem de fácil acesso na região. Em razão da variação sazonal no momento de os testes não ser na época de colheita, foram utilizados os grãos com teor de umidade baixa. Os valores de massa específica aparente obtidos demonstraram uma variação esperada, em virtude da diferença de umidade entre os grãos do mesmo tipo. Os resultados alcançados de massa específica aparente e teor de água dos grãos reportaram um excelente resultado para as amostras analisadas, comparando com método da estufa, tanto quanto comparado com peso hectolitro, todos com um bom coeficiente de determinação. Os resultados obtidos foram promissores, uma vez que o custo do equipamento pode ser considerado como um valor acessível, tornando-se possível assim, a implementação de mais um aparato da tecnologia da Agricultura de precisão para o pequeno produtor. A partir desses resultados, pretende-se dar continuidade com os testes variando a faixa, tanto da massa específica aparente quanto dos teores de umidade com os diferentes tipos de grãos comercializados no país visando a validação completa do equipamento desenvolvido.

Referências bibliográficas

Araújo, G. D. M. (2018). Sistema de baixo custo para determinação do teor de água e massa específica aparente de feijão e milho. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/22201/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em 18 mar. 2021.

Botelho et al., v.11, n.41, p. 251-259, Dourados, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328894677_Metodologias_para_determinacao_de_massa_especifica_de_graos. Acesso em: 02 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. cap.7, p. 308 a 323. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 23 fev. 2020.

CAMPOS, Ana. 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-safra-recorde-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. 197 p. Organizadores: MACHADO JÚNIOR, Paulo Cláudio; REIS NETO, Stelito Assis dos. Acesso em: 11 ago. 2021.

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, 1-388.