

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM DISPOSITIVO HARDWARE COM USO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO DA MASSA DE GRÃOS DE SOJA NO TRANSPORTE

LANES B. A. JAQUES¹, PAULO C. CORADI², GUILHERME A. C. DE SOUZA³, JONATAS I. STEINHAUS³, AMANDA MÜLLER¹, ANGÉLICO L. TEIXEIRA⁴

¹Discentes de Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (UFSM-PPGEA)

²Eng. Agrícola, Professor Associado, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS), paulo.coradi@ufsm.br

³Estudantes de Graduação em Engenharia Agrícola (UFSM-CS) e Bolsistas de Iniciação Científica (CNPq / FAPERGS)

⁴Engenheiro Eletricista e Técnico de Laboratório (UFSM-CS)

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

RESUMO: O escoamento da produção brasileira de grãos é realizada em grande parte por meio do transporte rodoviário, as quais têm acarretado em significativas perdas quanti-qualitativas. Desta forma, o objetivo do trabalho foi desenvolver e validar um dispositivo hardware com uso de sensores de temperatura, umidade relativa e CO₂ para monitoramento da qualidade da massa de grãos de soja ao longo do transporte. A primeira etapa do projeto constituiu-se no desenvolvimento e teste de um hardware e software para a obtenção dos dados. Após, desenvolveu-se uma sonda protótipo de Polivinil Clorado para acondicionar os sensores. Na última etapa, realizou testes e rotinas de leitura para calibração dos sensores. Ao trabalhar com grãos com teores de água de 10 e 13% (b.u.) o tempo de resposta dos sensores foram similares. Nas alturas de furo de 470 e 117,5 mm foram verificados tempos de 20 e 21 minutos até a estabilização da temperatura e umidade relativa. Na sonda com altura de furo de 235 mm a temperatura e umidade relativa estabilizaram-se em 18 minutos. Os teores de água de 10 e 13% (b.u.) tiveram valores de CO₂ abaixo de 700 ppm. No teor de água de 25% (b.u.), os valores de CO₂ chegaram a 5000 ppm. Concluiu-se que, a sonda com altura de perfuração de 235 mm permite leituras mais rápida de temperatura e umidade relativa do ar.

PALAVRAS-CHAVE: armazenamento, pós-colheita, qualidade.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A HARDWARE DEVICE WITH THE USE OF SENSORS FOR MONITORING THE GRAIN MASS IN TRANSPORT

ABSTRACT: The outflow of Brazilian grain production is largely accomplished by road transport, which has resulted in significant quantitative and qualitative losses. Thus, the objective of the work was to develop and validate a hardware device using temperature, relative humidity and CO₂ sensors to monitor the quality of the soybean mass during transportation. The first stage of the project consisted of the development and testing of hardware and software to obtain the data. Afterwards, a prototype Polyvinyl Chlorinated probe was developed to pack the sensors. In the last stage, tests and reading routines were performed to calibrate the sensors. When working with grains with water contents of 10 and 13% (b.u.) the response time of the sensors was similar. At bore heights of 470 and 117.5 mm, times of 20 and 21 minutes were verified until the temperature and relative humidity stabilized. In the 235 mm hole height probe the temperature and relative humidity stabilized

in 18 minutes. The water contents of 10 and 13% (b.u.) had CO₂ values below 700 ppm. At a water content of 25% (b.u.), the CO₂ values reached 5000 ppm. It was concluded that the probe with a drilling height of 235 mm allows faster readings of temperature and relative humidity.

KEYWORDS: storage, post-harvest, quality.

INTRODUÇÃO: O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de soja, e possui significativa participação na oferta e demanda do produto. Na safra 2018/2019 foram produzidos aproximadamente 115,0 milhões de toneladas, sendo os estados com maior produção: Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás, juntos compreendem 68,9% do total produzido no país (CONAB, 2019). Com o alto volume de grãos produzidos torna-se fundamental uma boa logística de armazenagem e transporte dos grãos. Atualmente, o transporte representa de um a dois terços do custo logístico (BALLOU, 2010), porém, da forma como está implementado não atende a demanda de produção, apresentando sérios problemas com perdas de produtos ocasionadas devido às más condições dos caminhões, estradas, velocidade de deslocamento, excesso de carga, bem como a alta intensidade respiratória da massa de grãos em função dos altos teores de água da massa de grãos (FRANÇA NETO et al., 2010;). Na busca em diminuir as perdas quantitativas e qualitativas dos grãos torna-se necessário o emprego de técnicas específicas, de monitoramento da massa de grãos durante o transporte, a partir do conhecimento de parâmetros de temperatura, umidade e dióxido de carbono. Desta forma, o trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e validação de um dispositivo hardware com uso de sensores de temperatura, umidade relativa e CO₂ para controle da qualidade da massa de grãos de soja ao longo do transporte.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Agrícolas (LAPOS) e no Laboratório de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Cachoeira do Sul. A primeira etapa constituiu-se pelo desenvolvimento do hardware e software para a obtenção de dados de temperatura, umidade relativa e CO₂. Na segunda etapa realizaram-se as instalações dos sensores de temperatura, umidade relativa e dióxido de carbono (Figura 1a).

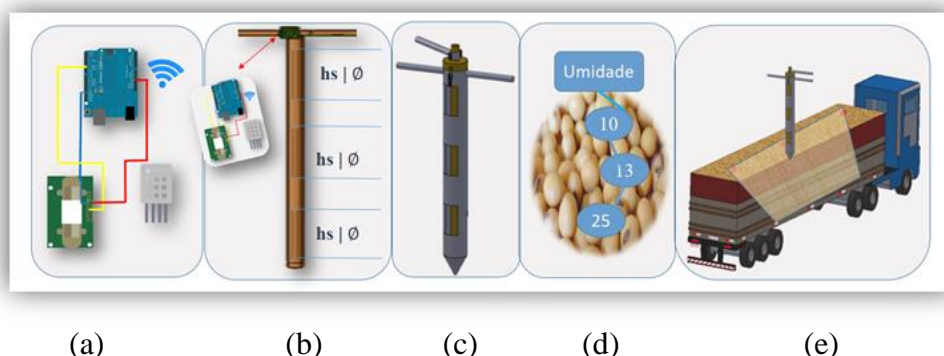


FIGURA 1. Representação gráfica do experimento, com o desenvolvimento e teste de um hardware e software (a), sonda composta com o conjunto de sensores (b), tubo metálico para proteção do sensor, grãos com diferentes teores de água (c), aplicação do conjunto sonda + suporte aplicada em caminhões (d).

Na terceira fase, desenvolveu-se a sonda protótipo a partir de um tubo de Polivinil Clorado (PVC) para acondicionar os sensores. A sonda foi construída com perfurações em três partes

de sua estrutura para permitir a entrada de ar e facilitar as leituras. Os furos foram feitos nas alturas de 470, 235 e 117,5 mm (Figura 1b). Projetou-se um tubo metálico para dar proteção à sonda e realizar a coleta dos grãos (Figura 1c). Na última etapa do trabalho, realizaram-se testes e rotinas de leitura nos sensores, em laboratório com diferentes condições de teores de água (10, 13 e 25% b.u.) dos grãos e altura de furos na sonda (470, 235 e 117,5 mm), a fim de obter respostas rápidas e precisas. Os resultados foram obtidos por meio de dados coletados pelos sensores de umidade, temperatura e dióxido de carbono.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Observou-se nos resultados obtidos (Figura 2), que quando maior o teor de água dos grãos, mais rápida foi a resposta do sensor, independente da altura de perfuração dos furos. Em virtude do teor de água dos grãos estarem elevados, a umidade relativa do ar intergranular atingiu a saturação em dois minutos de avaliação. Analisando a variável temperatura, verificou-se precisão nos resultados em um intervalo de tempo de 10 minutos, sendo maior, em comparação com a umidade relativa do ar. Para essa condição, a melhor resposta foi verificada quando se utilizou a altura de perfuração na sonda de 235 mm. Ao trabalhar com grãos com umidade de 10 e 13% o tempo de resposta dos sensores foram similares. Nas alturas de furo de 470 e 117,5 mm foram verificados tempos de 20 e 21 minutos até a estabilização da temperatura e umidade relativa. Na sonda com altura de furo de 235 mm a temperatura e umidade relativa estabilizaram-se em 18 minutos. Os resultados obtidos são importantes, uma vez que, podem-se obter respostas das condições do ar intergranular antes de ocorrer alterações químicas na massa de grãos.

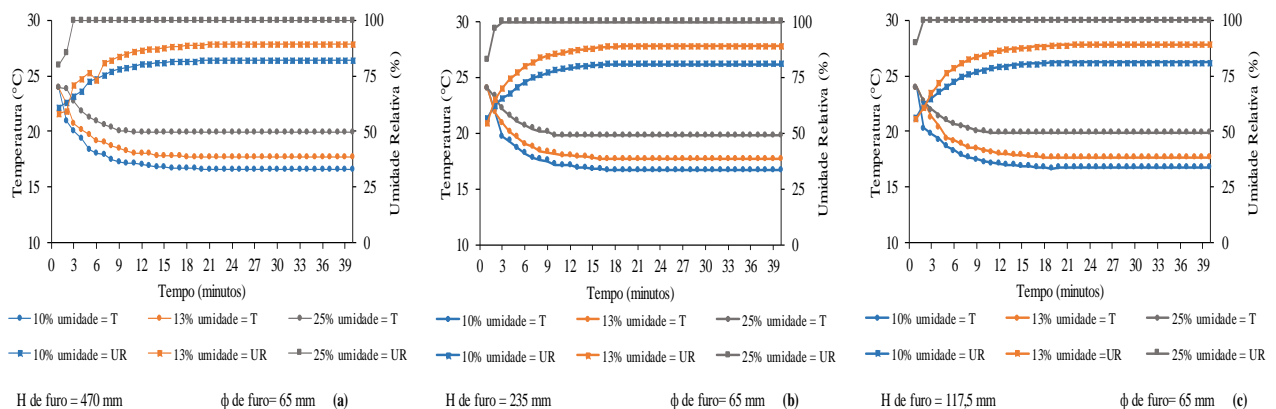


FIGURA 2. Resposta da temperatura e umidade relativa do ar intergranular dos grãos de soja, a partir de sensores submetidas a diferentes condições de teores de água (10, 13 e 25%) e alturas de perfuração da sonda (470, 235 e 117,5 mm).

Na Figura 3 foi possível observar os valores das concentrações de dióxidos de carbono na massa dos grãos em relação ao tempo, para diferentes teores de água e altura de furos na sonda. Os teores de água de 10 e 13% (b.u.) tiveram valores de CO₂ abaixo de 700 ppm, o que indica boa conservação. Segundo Neethirajan et al. (2010) valores de CO₂ maiores que 1100 ppm significa que já iniciou processos de deterioração da massa de grãos, podendo ser indicativo de infestação de insetos, mofo ou respiração excessiva. No teor de água de 25% (b.u.), os valores de CO₂ chegaram a 5000 ppm, verificando-se aquecimento da massa de grãos e um odor característico de fermentação rápida. O aquecimento da massa de grãos pode ser em virtude do aumento da respiração, em função de que grãos úmidos possuem uma taxa respiratória elevada e são um bom meio para desencadear processos microbianos, resultando em taxas de produção de CO₂ mais intensas (RAUDIENÊ et al., 2017).

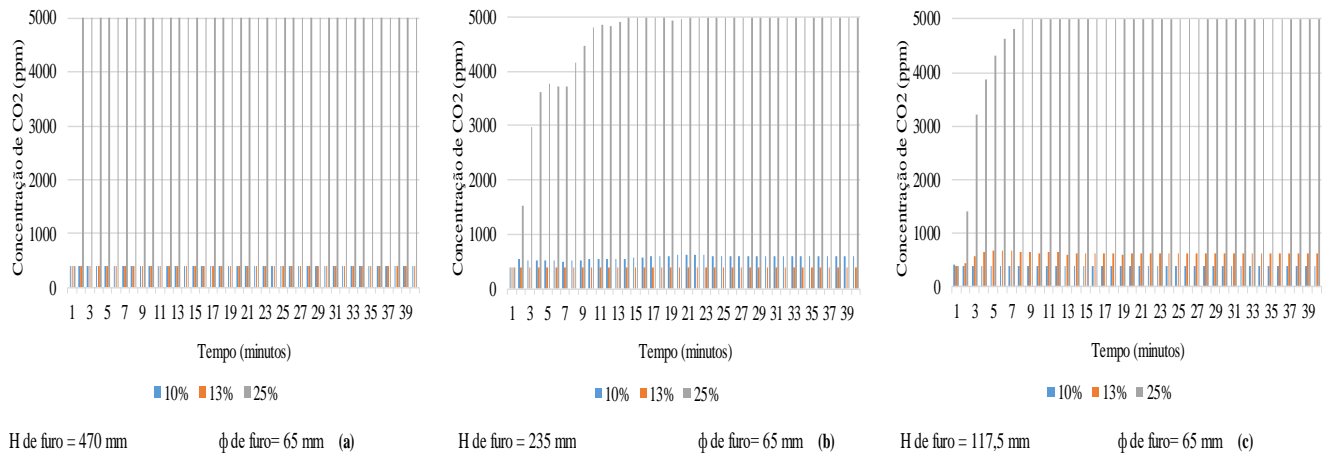


FIGURA 3. Concentração de dióxido de carbono em grãos de soja com teores de água de 10, 13 e 25% (b.u.) em relação às alturas de furos na sonda de 470, 235 e 117,5mm.

CONCLUSÕES: O conhecimento das variáveis temperatura e umidade relativa permitiu a realização de medidas preventivas para tomadas de decisões em relação a qualidade dos grãos de soja, minimizando o processo de deterioração. Com o desenvolvimento deste equipamento obteve-se respostas indiretas e rápidas da situação do produto, permitindo fazer o manejo em tempo hábil. Buscando uma melhor performance do equipamento quando submetido a coletas de dados em carrocerias de caminhões, a sonda com altura de perfuração de 235 mm permite leituras mais rápida das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar.

AGRADECIMENTOS: CAPES, CNPq, FAFERGS-RS, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)-Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS) pelo apoio financeiro e disponibilidade para realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimento/logística empresarial**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório agrícola. Acompanhamento da safra Brasileira**. Documento online. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso: Fev. 2020.
- FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. Tecnologia Produção de soja. **Informativo Abrates**. v. 20, n. 3, 2010.
- NEETHIRAJAN, S.; FREUND, M. S.; JAYAS, D. S.; SHAFAI, C.; THOMSON, D. J.; WHITE, N. D. G. Development of carbono dioxide (CO₂) sensor for grain quality monitoring. **Biosystems Engineering**, v. 1, n. 6, p. 395-404, 2010.
- RAUDIENE, E.; RUSINSKAS, D.; BALCIUNAS, G.; JUODEIKIENÉ, G.; GAILIUS, D. Carbon Dioxide Respiration Rates in Wheat at Various Temperatures and Moisture Contents. **Journal of Metrology Society of India**. v. 32, n. 1, p. 51-58, 2017.
- POHNDORF, R. S.; MENEGHETTI, V. L.; PAIVA, F. F.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Kinetic evaluation of oxidative stability and physical degradation of soybean grains stored at different conditions. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 10, p. 1-8, 2018.