

FLUXO DE CALOR EM SILOS BOLSA DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES

MATHEUS V. A. DE OLIVEIRA¹, BRUNO PEREIRA DA SILVA², LÚCIO G. B. DE OLIVEIRA³; SOLENIR RUFFATO⁴

¹ Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental, UFMT, Sinop-MT. Email: m.avanci97@gmail.com

² Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental, UFMT, Sinop-MT. Email: brunopereira.16@hotmail.com

³ Doutor; Professor adjunto UFMT, Sinop-MT. Email: luciogboliveira@gmail.com

⁴ Doutora; Professora associada UFMT, Sinop-MT. Email: soleruffato@gmail.com

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

RESUMO: Com um aumento expansivo na produção de grãos brasileira, surge uma demanda cada vez maior de estruturas para armazenagem dos produtos agrícolas, e em decorrência do déficit de capacidade estática, os produtores têm buscado por alternativas. Neste sentido, o silo bolsa tem ganhado cada vez mais espaço, devido a facilidade na logística e a relação custo-benefício. Entretanto, novos produtos têm sido inseridos no mercado, com desconhecimento da resposta sobre seu uso em ambiente natural. Em função disso, objetivou-se avaliar o fluxo de calor na lona de silos bolsa de diferentes composições. Foram avaliados dois silos: a) silo bolsa de composição Especial (lona nas cores branca externa e cinza interna, com espessura reduzida) e b) silo bolsa Padrão (lona nas cores branca externa e preta interna, espessura padrão). Para o monitoramento, foi criado um sistema automático de aquisição de dados interligados a Placas Peltier posicionadas junto a lona dos silos, na parte interna, para avaliação do fluxo de energia. Os resultados indicaram que no silo bolsa Especial o saldo negativo foi maior, conferindo menor entrada de fluxo de calor na massa de grãos, ou seja, maior condução do fluxo de dentro para fora do que de fora para dentro.

PALAVRAS-CHAVE: Lei de Fourier; placa Peltier; armazenagem.

HEAT FLOW IN SILOS BAG OF DIFFERENT COMPOSITIONS

ABSTRACT: With an expansive increase in Brazilian grain production, there is an increasing demand for structures for storing agricultural products, and due to the static capacity deficit, producers have been looking for alternatives. In this sense, the silo bag has gained more and more space, due to the ease of logistics and cost-effectiveness. However, new products have been introduced in the market, with unknown answers about their use in the natural environment. As a result, the objective was to evaluate the heat flux in the canvas of silos bag of different compositions. Two silos were evaluated: a) Special composition silo bag (canvas in external white and internal gray colors, with reduced thickness) and b) Standard silo bag (canvas in external white and internal black colors, standard thickness). For monitoring, an automatic data acquisition system was created, connected to Peltier Plates positioned next to the silos canvas, on the inside, to evaluate the energy flow. The results indicated that in the Especial silo bag the negative balance was greater, resulting in less heat flow entering the grain mass, that is, greater flow conduction from the inside to the outside than from the outside to the inside.

KEYWORDS: Fourier's Law; Peltier plate; storage.

INTRODUÇÃO: O Brasil tem-se posicionado como um dos principais produtores mundiais de grãos, e as estimativas apontam uma produção de 270,2 milhões de toneladas na safra 2021/22 (CONAB, 2022a) que se comparada a atual capacidade estática (CE) de armazenamento de grãos que são de 177,3 milhões de toneladas (CONAB, 2022b) configura-se em um déficit de 92,9 milhões de toneladas (34%). Uma forma de contornar os problemas decorrentes do déficit de capacidade estática e de logística tem sido a utilização de silos bolsa. Considerada uma forma alternativa, porém muito eficaz para armazenar grãos, com a vantagem de poder ser alocada na propriedade ou mesmo junto aos talhões. Consequentemente há redução dos gastos com logística, principalmente em época de safra, menores perdas e possibilidade de maior lucratividade por possibilitar a comercialização no momento de maior valor de mercado. Na fabricação do silo bolsa, para se ter um material altamente resistente usa-se o processo de co-extrusão em multicamadas. Constituído de polietileno de alta densidade, formando um tubo flexível, sendo composto de aditivos capazes de absorver os raios UV e refletir os raios solares. Após ser preenchido e fechado permite-se criar um ambiente com atmosfera modificada, não realizando trocas de ar com o ambiente externo (BOVITECH, 2016). Por ser um mercado em constante evolução, e pela necessidade de melhorias, com frequência tem surgido novos materiais com diferentes espessuras e composições. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o fluxo de energia, na forma de calor, em dois silos bolsa de diferentes composições, sob as condições climáticas da região Médio-Norte do estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em uma propriedade localizada no município de Sinop-MT, no Norte do estado de Mato Grosso (Latitude: 11°46'22" S; Longitude 55°08'58" W), em uma altitude de 390 metros do nível do mar. A região Médio-Norte de Mato Grosso tem como característica clima quente e úmido com verão chuvoso e inverno seco, segundo Köppen é considerado como tropical de grupo A, do tipo climático AW (KÖPPEN, 1931), com temperatura e precipitação média anual de 28 °C e 2000 mm, respectivamente (SOUZA et al., 2013). O estudo consistiu-se no armazenamento de milho em silo bolsa com lonas de diferentes composições, sendo denominados Silo Padrão (lona nas cores branca externa e preta interna, espessura padrão) e, Silo Especial (lona nas cores branca externa e cinza interna, espessura reduzida). Os silos foram confeccionados para o estudo no comprimento total de 30 m cada. Estes foram montados lado a lado em um terreno preparado de acordo com as recomendações técnicas. O milho foi colhido seco ($\pm 12\%$ b.u.) e, portanto, embolsado diretamente, sem passar por nenhum pré-processamento. Toda operação de embutimento e instrumentação para monitoramento do fluxo de calor ocorreu no mesmo dia. O sistema de aquisição de dados contou com uma estação de monitoramento e uma caixa para acondicionamento do hardware. Pela necessidade de energia remota e em função de o experimento ser instalado próximo a lavoura, a estação para alocar e alimentar o sistema contava com bateria alimentada por um painel fotovoltaico. Foi avaliado o fluxo de calor na parte interna da lona dos silos bolsa por meio de Placas Peltier instaladas na parte superior a 15 m do início da bolsa. O posicionamento interno foi junto a lona. Estas pastilhas termoelétricas como também são conhecidas, utilizam um efeito de aquecimento e resfriamento continua através de dois condutores que são basicamente pastilhas de cerâmica do tipo P e N que são soldadas eletricamente em série e termicamente em paralelo (FERNANDES et al., 2010). A coleta de dados ocorreu nos meses de agosto a dezembro de 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para comparação entre composição das lonas dos silos bolsa foi avaliado o Fluxo de Calor (mV), que diz respeito ao regime térmico da massa de grão determinado pelo aquecimento da superfície, pela radiação solar e o transporte por condução de calor sensível para seu interior. Durante o dia, a superfície (lona) se aquece, gerando um fluxo de calor para o interior. À noite, o resfriamento da superfície, por emissão de radiação (ondas longas), inverte o sentido do fluxo, que agora passa a ser do interior da massa de grão para a superfície. Quanto maior for o fluxo de calor maior será amplitude térmica. Com base nestas premissas, verifica-se da Figura 1 a variação do fluxo de calor (mV) registrada na parte interna da lona, ou seja, a quantidade de energia que entrou e que saiu através da lona. Para

confeção do gráfico foram calculadas as médias horárias, de forma a compor um dia médio mensal de cada silo (Figuras 1).

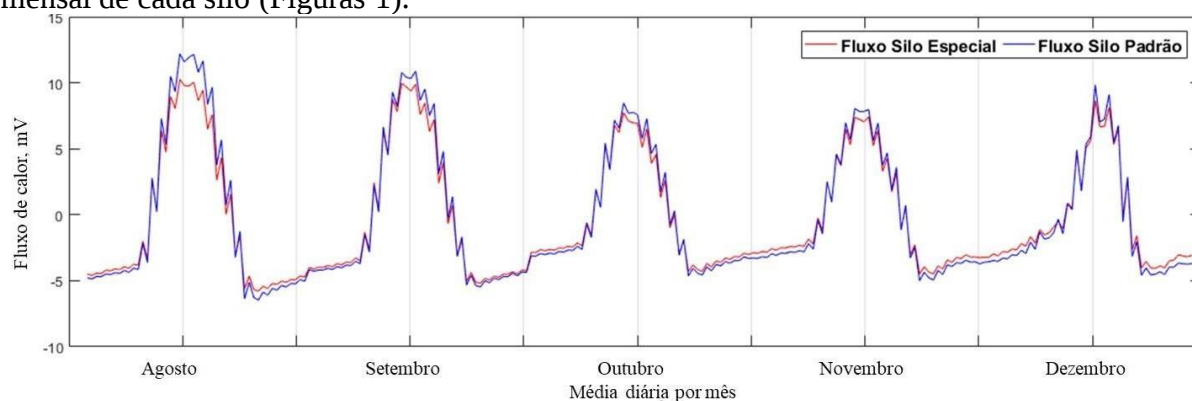


Figura 1 - Valores de fluxo de calor (mV), da energia que passa através das camadas do silo bolsa, calculados com base na média diária de todos os meses, utilizando dados a cada 30 minutos.

Entende-se que valores acima de 0 mV significam ganho de calor de fora para dentro na massa de grãos e abaixo de 0 mV é perda de calor de dentro para fora da massa de grãos. A linha azul, referente ao silo Padrão, sempre aparece com valores maiores, sendo eles positivos ou negativos ($>$ ou $<$ a 0 mV), porém esses valores são muito próximos. De acordo com Boabaid Neto (2010) o fluxo de calor que passa por um material é proporcional a sua espessura e dependente de sua composição. Em se tratando que o silo bolsa Especial possuía lona com menor espessura, conforme fabricante, pode-se dizer que sua composição influenciou em uma menor soma de energia em forma de calor dentro do silo. Por mais que os pontos de picos positivos de fluxo médio diário, sejam aparentemente maiores, eles ocorrem por um curto período (9 horas), contrário aos pontos negativos (15 horas). Quando somados os dados referentes a ganho e perda de calor por dia, estes picos se invertem, como pode-se verificar no eixo Y à direita (Figura 2), explicando o fato de que no decorrer do tempo de armazenamento, o saldo de fluxo calor total acumulado foi negativo, podendo ser verificado no eixo Y a esquerda. No total verifica-se que o saldo negativo do silo Especial foi maior do que o silo Padrão, o que lhe confere uma menor entrada de fluxo de calor na massa de grãos.

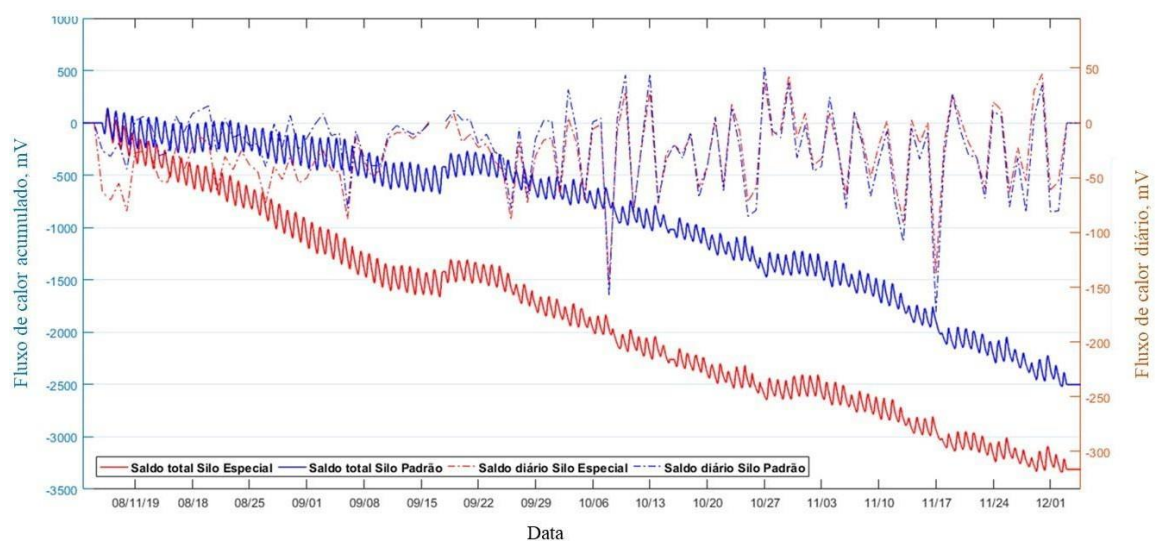


Figura 2. Saldo de fluxo de calor (mV) - saldo total acumulado à esquerda e o saldo diário acumulado à direita, da energia que passa através da lona dos silos bolsa.

CONCLUSÕES: Com base na avaliação de fluxo de calor entre lonas de diferentes composições e espessura, tem-se que o silo bolsa Especial apresentou melhor condução do fluxo de calor, facilitando a condução do fluxo de dentro para fora e dificultando a condução que ocorreu de fora para dentro.

REFERÊNCIAS:

- BOABAID NETO, C.; ENG, M. **Transferência de Calor (TCL)**. Instituto Federal de Santa Catarina, São José, 2010.
- BOVITECH NEGÓCIOS AGROPECUÁRIOS. **Silo Bolsa para silagem e armazenamento de grãos**. Disponível em: <http://www.bovitech.com.br/produtos/silo-bolsa>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- CONAB, 2022a. **Mapa da capacidade estática**. Disponível em: <https://sisdep.conab.gov.br/capacidadeestatica/>. Acesso: 6 de junho de 2022.
- CONAB, 2022b. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v.9, n.8 (2022) – Brasília**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso: 6 de junho de 2022.
- FERNANDES, J. D. F., DE FREITAS BRAZ, A., MACHADO, L. S. S., DE SOUZA PIMENTEL, E., FARIAS, A. V. A., DE SIQUEIRA, A. L. P. Refrigeração utilizando pastilhas de efeito peltier. **HOLOS**, v. 2, p. 25-31, 2010.
- KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.
- SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.