

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE DISPOSITIVOS PARA O ARREFECIMENTO DA CARGA NO TRANSPORTE DE SUÍNOS

NÍTALO ANDRÉ FARIAS MACHADO¹, LUANNE DA SILVA FREITAS², ANDRESSA CARVALHO DE SOUSA², JOSÉ CASSIO SOUSA DOS SANTOS², MAX WILLAN ALMEIDA DA SILVA³, JOSÉ ANTONIO DELFINO BARBOSA FILHO⁴

¹ Eng. Agrônomo, Dr. em Engenharia agrícola, Prof. da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Chapadinha, MA, nitalo.farias@ufma.br

² Estudantes do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA, jose.cassio@discente.ufma.br

³ Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA.

⁴ Eng. Agrícola, Dr. em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola), Prof. da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE, zkdelfino@ufc.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A utilização da ventilação gerada pelo próprio movimento do veículo pode ser uma estratégia viável para mitigar os impactos do estresse térmico durante o transporte de suínos. Nesse sentido, este estudo avaliou a eficácia de dois dispositivos para resfriar a carga durante o transporte de suínos, utilizando técnicas de simulação de dinâmica de fluidos computacional e geoestatística. Foram monitoradas 4 viagens comerciais para coletar informações técnicas e ambientais do transporte. Foram testados dois dispositivos na carga: um modelo virtual com um aerofólio e outro com um defletor de ar. Os resultados mostram que a utilização do aerofólio aumentou a ventilação dentro da carga, especialmente na região frontal superior, resultando em uma redução significativa (-3,94%) da entalpia, que é uma medida de calor específico. O defletor de ar proporcionou uma redução significativa (-3,04%) na entalpia média da carga, porém criou um núcleo térmico (bolsão de calor) na parte superior do caminhão. Com base nas simulações, constatou-se que foi possível otimizar a ventilação no interior da carga, destacando-se o uso do aerofólio como a melhor opção.

PALAVRAS-CHAVE: conforto térmico, estresse térmico, pecuária de precisão.

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF DEVICES FOR COOLING THE TRAILER IN PIG TRANSPORTATION

ABSTRACT: The utilization of ventilation generated by the vehicle's own movement can be a viable strategy to mitigate the impacts of thermal stress during the transportation of pigs. In this regard, this study assessed the effectiveness of two devices for cooling the cargo during pig transportation, using computational fluid dynamics and geostatistics techniques. Four commercial trips were monitored to gather technical and environmental information about the transportation process. Two devices were tested on the cargo: a virtual model with an airfoil and another with an air deflector. The results demonstrate that the use of the airfoil increased the ventilation inside the trailer, particularly in the upper front region, resulting in a significant reduction (-3.94%) in enthalpy, which is a measure of specific heat. The air deflector provided a significant reduction (-3.04%) in the average enthalpy of the cargo, but it created a thermal core (heat pocket) in the upper part of the truck. Based on the simulations, it

was found that optimizing the ventilation inside the cargo was possible, with the airfoil proving to be the better option.

KEYWORDS: thermal comfort, heat stress, livestock precision farm.

INTRODUÇÃO: Compreender as condições micrometeorológicas enfrentadas pelos suínos durante o transporte e investigar mecanismos de mitigação do estresse térmico nessa operação têm sido objetos de várias pesquisas em todo o mundo (EFSA AHAW Panel, 2022). No entanto, a caracterização detalhada do microclima da carga é complexa devido à natureza dinâmica e multifatorial do transporte, que pode ocorrer em diferentes condições, combinações de distâncias, horários e durações (RIOJA-LANG et al., 2019). Estudos recentes indicam que as condições ambientais e a distribuição dos compartimentos na carroceria do caminhão podem afetar o conforto e o bem-estar dos suínos, com certas áreas apresentando maior propensão ao estresse térmico e perdas produtivas, especialmente pela falta de ventilação durante o transporte (MACHADO et al., 2021). Nesse contexto, aproveitar a ventilação resultante do próprio movimento do veículo pode ser uma estratégia viável. O deslocamento da carga promove um fluxo de ar que pode ser direcionado para dentro da carroceria, reduzindo o impacto do estresse térmico (SPURIO et al., 2015). Portanto, o objetivo deste estudo avaliar dois dispositivos para o resfriamento da carga durante o transporte de suínos.

MATERIAL E MÉTODOS: Informações técnicas e ambientais do transporte de foi obtido com o monitoramento de 4 viagens de 170 km no turno da tarde, realizadas entre uma fazenda em Maracanaú – CE e o abatedouro da cidade de Morada Nova – CE. Os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (Processo número 9871250719). Neste estudo, testou-se dois dispositivos; o aerofólio e um defletor de ar. O aerofólio é um componente para ser acoplado na parte superior da cabine do caminhão, e o defletor nas laterais da carroceria do caminhão, com objetivo de coletar e direcionar o ar que circula externamente nas laterais para o interior da carga (Figura 1). O desempenho dos dispositivos foi testado via simulações de dinâmica de fluidos computacional no *SolidWorks Flow Simulation*, ver.2020. Foi utilizado uma geração de malha adaptativa no processo de construção da malha computacional, com células hexaédricas estruturadas na maior parte do domínio, exceto ao redor do caminhão, onde foram utilizadas células tetraédricas.



FIGURA 1. Modelos virtuais avaliados: modelo com aerofólio (A) e com defletor (B)
Resumidamente, as condições descritas para simulação foram: velocidade de 18 m/s (~64 km/h), temperatura do ar de 27,5 °C, umidade relativa do ar de 68 %, radiação de 460 kJ/m² e pressão atmosférica de 760 mmHg. Após as simulações, foram exportados a trajetória do fluxo de vento e dados da temperatura (TA) e umidade relativa (UR). A TA e UR foram utilizadas para cálculos da entalpia da carga. A exploração da variabilidade espacial da entalpia ao longo da carga foi realizada por meio de técnicas da geoestatística, com a

construção de mapas 3D usando o *software* SGeMS® e krigagem ordinária como método de interpolação. Os dados de TA, UR e entalpia foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O uso do aerofólio aumentou a ventilação dentro da carga, principalmente na região frontal do superior (Figura 2). O aerofólio direcionou o fluxo de ar com velocidade média de 10,50 m/s da região superior da cabine do caminhão para o interior da carga, aumentando assim a circulação de ar ao longo dos compartimentos. O defletor aumentou a circulação de ar na região frontal do andar inferior da carroceria, resultando em ventos com aproximadamente 15 m/s (Figura 2), onde concentrava-se o núcleo térmico (bolsão de calor) durante o transporte em condições comerciais (MACHADO et al., 2021).

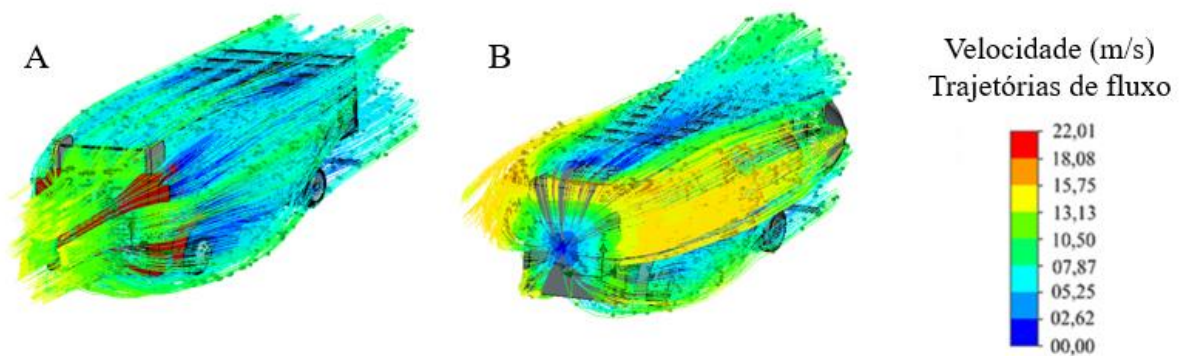


FIGURA 2. Fluxo de vento do modelo virtual da carga com o aerofólio (A) e defletor (B)

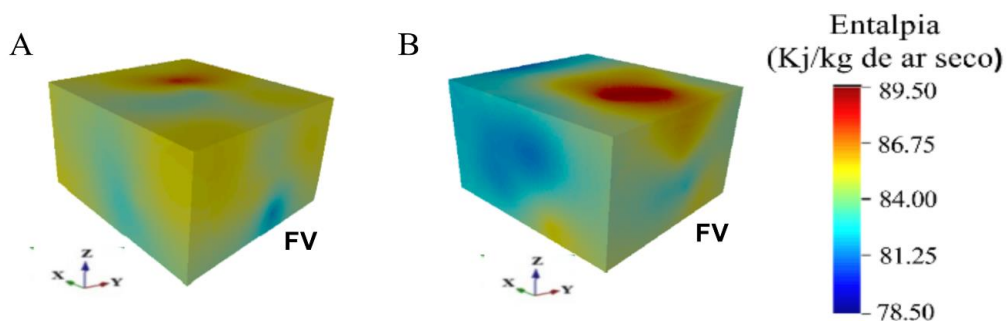


FIGURA 3. Fluxo de vento do modelo virtual da carga com o defletor

O uso do aerofólio resultou em uma redução significativa (-3,94 %) da entalpia (Tabela 1) e uma distribuição mais homogênea do calor (entalpia) ao longo da carga (Figura 3). O defletor proporcionou uma redução significativa (-3,04 %) da entalpia média da carga (Tabela 1). Entretanto, percebeu-se que o fluxo de vento da região frontal do SUP foi comprometido, resultando no desenvolvimento de um núcleo térmico (bolsão de calor) nessa área (Figura 3). O que não é interessante para o conforto térmico dos suínos e perdas produtivas associadas, pois núcleos térmicos estão diretamente relacionados as maiores taxas de perdas (BARBOSA-FILHO et al., 2014).

TABELA 1. Médias (\pm SE) da temperatura (TA), umidade relativa (UR) e entalpia da carga dos modelos virtuais testados e da carga real

Item	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Entalpia (Kj/kg de ar seco)
Modelo A			
Modelo A	29,32 \pm 0,70	79,00 \pm 1,50 ^c	79,30 \pm 1,20 ^c
Modelo B	29,06 \pm 0,47	81,00 \pm 2,00 ^b	80,05 \pm 2,06 ^b
Carga real ¹	29,20 \pm 1,28	85,00 \pm 2,50 ^a	82,56 \pm 2,86 ^a
C.V. (%)	5,12	6,62	6,73

Modelo A = carga com aerofólio; Modelo B = carga com defletor. C.V.: coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais (vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $P < 0,05$.¹MACHADO et al., (2021).

CONCLUSÕES: Com base nas simulações, constatou-se que foi possível otimizar a ventilação no interior da carga. O uso do aerofólio aumentou o fluxo de vento dentro da carga e reduziu o calor e a umidade contida nos compartimentos. O uso do defletor resultou na translocação do núcleo térmico para o andar superior da carroceria.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

REFERÊNCIAS:

EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Nielsen, SS, Alvarez, J, Bicout, DJ, Calistri, P, Canali, E, Drewe, JA, Garin-Bastuji, B, Gonzales Rojas, JL, Gortazar Schmidt, C, Michel, V, Miranda Chueca, MA, Padalino, B, Pasquali, P, Roberts, HC, Spoolder, H, Stahl, K, Velarde, A, Viltrop, A, Winckler, C, Earley, B, Edwards, S, Faucitano, L, Marti, S, Miranda de La Lama, GC, Nanni Costa, L, Thomsen, PT, Ashe, S, Mur, L, Van der Stede, Y and Herskin, M, 2022. Scientific Opinion on the welfare of pigs during transport. **EFSA Journal**, v. 9, n. 9, p. 108, 2022.

SPURIO, R.S.; SOARES, A.L.; CARVALHO, R.H.; SILVEIRA JUNIOR, V.; GRESPAN, M.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Improving transport container design to reduce broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat in Brazil. **Animal Science Journal**, v. 87, n.2, p. 277-283, 2015.

MACHADO, N. A. F., BARBOSA-FILHO, J. A. D., RAMALHO, G. L. B., PANDORFI, H., & SILVA, I. J. O. D. Trailer heat zones and their relation to heat stress in pig transport. **Engenharia Agrícola**, v. 41, n.4, 427–437, 2021.

RIOJA-LANG, F. C.; BROWN, J. A.; BROCKHOFF, E. J.; FAUCITANO, L. A review of swine transportation research on priority welfare issues: A canadian perspective. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, p. 1-12, 2019.

BARBOSA-FILHO, J. A. D.; QUEIROZ, M. L. V.; BRASIL, F. D.; VIEIRA, F. M. C.; SILVA, I. J. Transport of broilers: load microclimate during Brazilian summer. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 405-412, 2014.