

MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE METANO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA

ANA LUÍZA GUIMARÃES ANDRÉ¹, PATRICIA FERREIRA PONCIANO FERRAZ²
JACQUELINE CARDOSO FERREIRA³, FRANCK MORAIS DE OLIVEIRA⁴, JOÃO
VICTOR AGUIAR⁵, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ⁶

¹ Graduanda em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, ana.andre@estudante.ufla.br

² Zootecnista, Professora, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras - UFLA

³ Eng. Agrícola, Pesquisadora Fapemig/CNPq, Universidade Federal de Lavras - UFLA

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras - UFLA

⁵ Graduando em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras - UFLA

⁶ Eng. Agrícola, Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras - UFLA

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: A indústria da pecuária leiteira encontra-se em constante evolução. No entanto, são visíveis os efeitos negativos, como a emissão de gases de efeito estufa (GEE). O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade espacial do metano (CH₄) e do índice de temperatura e umidade (ITU) em um Compost Barn. O estudo foi realizado em novembro de 2023, em uma instalação com dimensões de 54 x 22 x 4,50 m (comprimento x largura x pé-direito) que aloja 86 vacas. Foram coletados dados em 80 pontos em duas alturas (0,25 e 1,50 m) acima da superfície da cama. A geoestatística foi aplicada para determinar a variabilidade espacial e elaborar os mapas de dispersão. O ITU apresentou variação de 72 a 76 na altura de 0,25 m, e uma variação de 70 a 75 à 1,50 m. Já o CH₄ apresentou altas concentrações na altura de 0,25 m, variando de 238 a 243 ppm, e concentrações mais baixas na altura de 1,50 m, onde a variação registrada ficou 35 a 145 ppm. A geoestatística permitiu a análise e interpretação das variáveis coletadas e demonstra ser uma ferramenta viável para o monitoramento contínuo e facilitando a tomada de decisões para o manejo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: efeito estufa, gado de leite, monitoramento ambiental

MAPPING OF SPATIAL VARIABILITY OF METHANE IN DAIRY CATTLE FARMING

ABSTRACT: The dairy farming industry is constantly evolving. However, negative effects are visible, such as the emission of greenhouse gases (GHG). The aim of this study was to assess the spatial variability of methane (CH₄) and the temperature-humidity index (THI) in a Compost Barn. The study was conducted in November 2023, in a facility measuring 54 x 22 x 4.50 m (length x width x height) housing 86 cows. Eighty points were sampled at two heights (0.25 and 1.50 m) above the bed surface. Geostatistics were applied to determine spatial variability and generate dispersion maps. The THI ranged from 72 to 76 at a height of 0.25 m and from 70 to 75 to 1.50 m. Meanwhile, CH₄ showed higher concentrations at a height of 0.25 m, ranging from 238 to 243 ppm, and lower concentrations at a height of 1.50 m, with variations ranging from 35 to 145 ppm. Geostatistics allowed for the analysis and interpretation of the collected variables and proved to be a viable tool for continuous monitoring, facilitating decision-making for productive management.

KEYWORDS: greenhouse effect, dairy cattle, environmental monitoring.

INTRODUÇÃO: O metano (CH₄) é um dos principais gases de efeito estufa (GEE) que impactam significativamente as mudanças climáticas. Na pecuária, a fermentação entérica é um dos principais precursores do CH₄, sendo responsável por cerca de 70% da emissão

(AFOLU, 2023). Em termos de impactos climáticos, o CH₄ possui um potencial de aquecimento global muito superior ao do CO₂ que ocorre naturalmente no ambiente, sendo cerca de 27 vezes mais prejudicial (REY et al., 2023). O CH₄ entérico também representa uma perda significativa de energia bruta, variando entre 2% e 12%, o que pode prejudicar o ganho de peso, a produção de leite e a eficiência do rebanho (PRAGNA et al., 2018). A implementação de métodos para avaliar e monitorar o ambiente é fundamental para entender o impacto dessas emissões no clima e no bem-estar dos animais. A pecuária de precisão requer técnicas não invasivas que visam otimizar os sistemas de produção, melhorar a tomada de decisões e garantir o conforto e o bem-estar dos animais (SIEGFORD et al., 2023). Para análise desses componentes e seus efeitos no ambiente e nos animais, a aplicação da geoestatística permite abordar a variabilidade espacial, como a distribuição dos GEE, por meio da extração e organização dos dados disponíveis com base na semelhança entre os pontos georreferenciados (FERRAZ et al., 2020). Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial das emissões de CH₄ e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em um sistema de produção do tipo Compost Barn.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido durante cinco dias consecutivos, no mês de novembro de 2023, em uma instalação para gado leiteiro, do tipo Compost Barn, localizada no município de Lavras/MG, com altitude de 920,62 m e coordenadas geográficas de 21°15' de latitude Sul e 45°09' de longitude Oeste. A instalação possui orientação cartográfica Leste-Oeste e dimensões de 54 x 22 x 4,50 m (comprimento x largura x pé-direito), sendo quatro metros na largura destinada a pista de alimentação (FIGURA 1). A instalação é aberta, sem a presença de muretas laterais, com cobertura de telhas galvalume, com inclinação de 30%, beiral de três metros de comprimento nas faces Norte e Sul, e um metro nas faces Leste e Oeste.

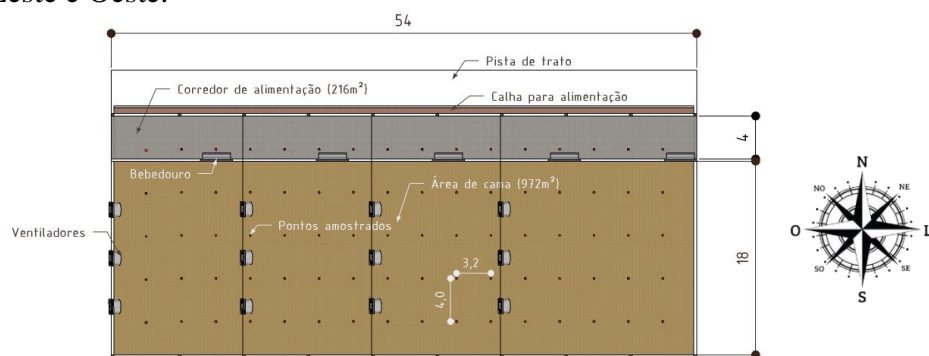


FIGURA 1. Layout da instalação com dimensões em metros e disposição dos pontos mensurados.

A instalação alojava 86 vacas em lactação, numa densidade de 13,81 m²/vaca. A cama de compostagem, com profundidade de 65 cm, é de serragem e manejada duas vezes ao dia. Para a ventilação mecânica há 12 ventiladores axiais instalados a 2,5 m de altura da cama QUE atuam em alta velocidade e baixo volume (LVHS). Os dados foram coletados em 80 pontos, que distam entre si 3,20 m no comprimento e 4,00 m na largura (FIGURA 1). As mensurações tiveram intervalos de dez segundos e duração de um minuto para cada ponto, e foram efetuadas nas alturas de 0,25 m e 1,50 m acima da cama. A temperatura do bulbo seco (t_{bs} , °C) e temperatura de ponto de orvalho (t_{po} , °C) foram registradas pelo datalogger Hobo[®] MX2301A, com precisões de 0,2°C e 2,5%. Para o registro do gás metano (CH₄), foi utilizado um protótipo equipado com sensor de baixo custo do tipo eletroquímico, modelo IRC-AT, com faixa de medição de 200 a 10.000 ppm. A avaliação do ambiente térmico foi determinada pelo índice de temperatura e umidade (ITU) desenvolvida por Thom (1959), e para estabelecer a variabilidade espacial do CH₄ e do ITU, foi aplicada a análise geoestatística, usando o software R DEVELOPMENT CORE TEAM (2022). A semivariância foi estimada

pela equação descrita por BACHMAIER & BACKES (2008). Os ajustes de semivariância e a interpolação por krigagem ordinária, foram aplicados para verificar a dependência e visualizar a distribuição espacial. A qualidade do ajuste foi avaliada pelo grau de dependência espacial (GDE) de acordo com a classificação de Cambardella et al (1994). A validação cruzada foi aplicada para verificar os ajustes no semivariograma e determinar o erro médio (EM), desvio padrão do erro médio (SD_m), erro reduzido (ER) e o desvio padrão do erro reduzido (SD_R) (FERRAZ et al., 2020). O método adotado foi a da máxima verossimilhança restrita (REML), com aplicação do modelo esférico. A partir dos ajustes foram plotados mapas que predizem, por interpolação e dependência espacial, o valor de uma variável em um ponto não amostrado. Esses mapas de distribuição espacial foram plotados através do software Surfer® 13.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 demonstra os resultados do semivariograma aplicado.

TABELA 1. Parâmetros estimados pelo método REML e modelo esférico dos semivariogramas experimentais para o Índice de Temperatura e Umidade Relativa (ITU) e o gás Metano (CH_4), durante cinco dias.

Variável	Altura (m)	C_0	C_1	$C_0 + C_1$	a	GDE	EM	SD_m	ER	SD_R
ITU	0,25	0	0,59	0,59	31,61	0 Forte	0,0003	0,271	0,0002	0,954
	1,50	0	0,44	0,44	31,59	0 Forte	-0,0003	0,236	-0,0007	0,939
CH_4	0,25	0	0,70	0,70	3,00	0 Forte	$-4,7e^{-14}$	0,848	$-5,6e^{-14}$	1,006
	1,50	10,95	388,35	399,3	31,95	2,74 Forte	-0,0604	8,107	-0,0033	0,994

C_0 - efeito pepita; C_1 - contribuição; $C_0 + C_1$ - patamar; a – alcance e GDE - grau de dependência espacial; EM - erro médio; DP_{EM} - desvio padrão do erro médio; ER - erro reduzido; SD_{ER} - desvio padrão do erro reduzido; REML - Método da Máxima Verossimilhança Restrita.

Os ajustes foram bem executados, resultando no EM e ER com valores próximos a zero e o SD_R próximos de 1,0 (FERRAZ et al., 2020). Todas as variáveis apresentaram grau de dependência forte, com baixa variabilidade (C_0) para ITU (0,25; 1,50 m) e para CH_4 (0,25 m) e descontinuidade para CH_4 (1,50 m). As distancias utilizadas foram adequadas para ITU (0,25; 1,50 m) e o CH_4 (1,50 m). Para o CH_4 (0,25 m), o alcance resultou em uma distância menor que a aplicada (3,20 m), o que pode ser atribuído a erros ou variações no ambiente durante a coleta dos dados. Com bases nos valores estimados as variáveis avaliadas são apresentadas em mapas de distribuição (FIGURA 2).

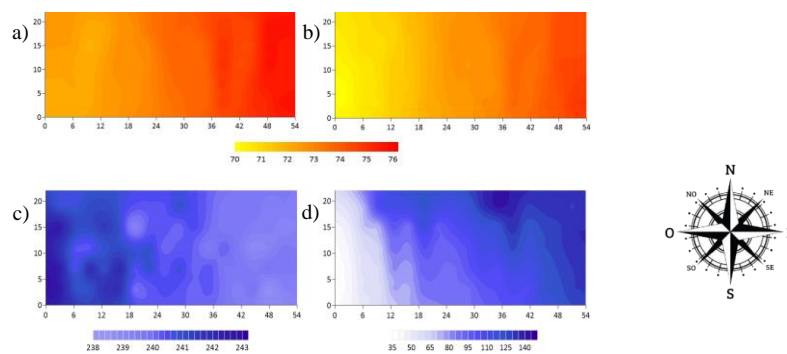


FIGURA 2. Distribuição espacial para o Índice de Temperatura e Umidade - ITU nas alturas (a) 0,25 m e (b) 1,50 m; e Gás Metano - CH_4 nas alturas (c) 0,25 m e (d) 1,50 m.

O ITU na altura de 0,25 m apresentou uma variação entre 72 e 76, aumentando do sentido Oeste para Leste do galpão (Fig. 2a). Para a altura de 1,5 m (Fig. 2b) a variação foi de 70 a 75, com a mesma tendência de direção (Oeste para Leste). O ITU é um indicador usado para avaliar o conforto dos animais (FRIGERI et al., 2023), e segundo Moretti (2017), os ambientes seguros são aqueles que apresentam valores abaixo de 68; entre 68 e 72 indicam

desconforto leve; entre 72 e 75, desconforto moderado; acima de 75 as situações pode variar de alerta, risco e emergência. As avaliações realizadas neste estudo revelam um nível de desconforto de leve a situação de alerta. Portanto, é crucial que o produtor monitore o tempo de exposição dos animais a essas condições, a fim de evitar situações de estresse térmico. O estresse térmico nos animais é um dos fatores que contribuem para a diminuição do consumo de matéria seca (CMS), mastigação e ruminação (KARIMI et al, 2015), essa condição influencia diretamente na produção do CH₄, ou seja, animais submetidos a estresse térmico, diminuem CMS e conseqüentemente aumentam a emissão de CH₄ (KNAPP et al, 2014). Na altura de 0,25 m (Fig. 2c) o CH₄ apresentou valores elevados com pouca variação (de 238 a 243 ppm). Na altura de 1,5 m (Fig. 2d) o CH₄ apresentou valores que variaram de 35 a 145 ppm, sendo os mais elevados na região Leste. Na instalação Compost Barn, a cama retém concentrações elevadas de dejetos dos animais e verifica-se que os valores baixos para CH₄, são registrados à medida que se afasta desse material. Concentrações elevadas de CH₄ podem resultar em perda de eficiência alimentar e produtividade, podendo impactar na produção de leite (PRAGNA et al., 2018).

CONCLUSÕES: A geoestatística permitiu identificar como ocorre dispersão de CH₄ e ITU no Compost Barn, indicando as regiões com maior concentração. Nesse levantamento as condições do ambiente resultaram em valores para ITU classificados em desconforto leve a situações de alerta. A contração de CH₄ foi maior em regiões próximas a cama, que possui material em compostagem. Monitorar essas variáveis são importantes para as tomadas de decisões que promovam a sustentabilidade do sistema produtivo e a implementação de medidas para mitigar as emissões de gases, garantindo também o bem-estar dos animais.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao CNPq, processo n° 404420/2021-4, a FAPEMIG, processos n° APQ-01082-21; n° BPD-0034-22.

REFERÊNCIAS:

- AGRICULTURE, FORESTRY AND OTHER LAND USES (AFOLU). Em *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*; Cambridge University Press, 2023; p. 747–860 ISBN 9781009157926.
- BACHMAIER, M.; BACKES, M. Variogram or semivariogram? Understanding the variances in a variogram. **Precision agriculture**, v. 9, n. 3, p. 173–175, 2008.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America journal. Soil Science Society of America**, v. 58, n. 5, p. 1501–1511, 1994.
- FERRAZ, P. F. P. et al. Assessment of spatial variability of environmental variables of a typical house of laying hens in Colombia: Antioquia state Case. 2020.
- FRIGERI, Karen Dal’Magro et al. Effect of heat stress on the behavior of lactating cows housed in compost barns: a systematic review. **Applied Sciences**, v. 13, n. 4, p. 2044, 2023.
- KARIMI, M. T. et al. Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 10, p. 6865-6875, 2015.
- KNAPP, Joanne R. et al. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. **Journal of dairy science**, v.97, n.6, p.3231-3261, 2014.
- MORETTI, R., BIFFANI, S., CHESSA, S., BOZZI, R. Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. **Animals**. v.11, n.12, p. 2320-2325, 2017.
- PRAGNA, Pratap et al. Climate change and goat production: Enteric methane emission and its mitigation. **Animals**, v.8, n.12, p.235, 2018.
- REY, Jagoba et al. Effect of Chitosan on Ruminal Fermentation and Microbial Communities, Methane Emissions, and Productive Performance of Dairy Cattle. **Animals**, v.13, n.18, p.2861, 2023.
- SIEGFORD, Janice M. et al. The quest to develop automated systems for monitoring animal behavior. **Applied Animal Behaviour Science**, v.265, p.106000, 2023.
- THOM, Earl Crabill. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.2, p.57-61, 1959.