

Geoestatística aplicada a distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações *Compost Barn* com diferentes sistemas de ventilação

Geostatistics applied to spatial distribution of thermal conditions and noise in Compost Barn systems with different ventilation systems

Geoestadística aplicada a la distribución espacial de las condiciones térmicas y ruido en instalaciones Compost Barn con diferentes sistemas de ventilación

Carlos Eduardo Alves Oliveira¹, Flávio Alves Damasceno², Gabriel Araújo e Silva Ferraz²,
João Antônio Costa do Nascimento³, Eberson Silva⁴, Manoel Reginaldo Ferreira⁴

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição do conforto térmico e níveis de ruído em instalações *Compost Barn* com diferentes sistemas de ventilação, através da técnica de geoestatística. O experimento foi realizado em duas fazendas localizadas em Madre de Deus (MG). Foram avaliadas três instalações com diferentes sistemas de ventilação: ventilação natural; ventilação mecânica de baixo volume e alta rotação (LVHS); e ventilação mecânica de alto volume e baixa rotação (HVLS). O interior das instalações foi dividido em malhas de 40 pontos equidistantes, nos quais foram coletados manualmente os níveis de Temperatura do ar (Tar), Umidade Relativa (UR) e Ruído, sendo tais coletas realizadas sempre no período da tarde. A técnica de geoestatística foi utilizada para avaliação da dependência e distribuição espacial dos níveis de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e ruído. Os resultados encontrados evidenciaram a ocorrência de forte dependência espacial para ambas variáveis e instalações. Os níveis mais elevados de ITU foram observados para a instalação com ventilação natural, ao passo que os níveis mais elevados de ruído foram verificados para a instalação com ventilação do tipo LVHS, e a instalação com ventilação do tipo HVLS apresentou baixa variabilidade espacial.

Palavras-chave: Bovinocultura de leite; bem-estar animal; pressão sonora.

Abstract: The objective of this work was to evaluate the distribution of thermal comfort and noise levels in Compost Barn installations with different ventilation systems, through the geostatistical technique. The experiment was conducted in April 2017, in two farms located in Madre de Deus – MG. Three installations with different ventilation systems were evaluated: natural ventilation; low-volume, high-speed mechanical ventilation (LVHS); and mechanical ventilation of high volume and low speed (HVLS). The interior of the facilities was divided into meshes of 40 equidistant points, in which the levels of Air Temperature (Tar), Relative Humidity (RH) and Noise were collected manually, and such collections were always performed in the afternoon. The geostatistical technique was used for to evaluate the dependence and spatial distribution of Temperature and Humidity Index (THI) and noise levels. The results found evidenced the occurrence of strong spatial dependence for both variables and facilities. The highest levels of THI were observed for installation with natural ventilation, while the highest levels of noise were verified for installation with LVHS type ventilation, and the installation with HVLS type ventilation showed low spatial variability.

Keywords: Bovinoculture of milk; Animal welfare; Sound pressure.

Resumen: El objetivo de este trabajo fue evaluar la distribución del confort térmico y niveles de ruido en instalaciones Compost Barn con diferentes sistemas de ventilación, a través de la técnica de geoestadística. El experimento fue realizado en el mes de abril de 2017, en dos granjas ubicadas en Madre de Deus - MG. Se evaluaron tres instalaciones con diferentes sistemas de ventilación: ventilación natural; ventilación mecánica de bajo volumen y alta rotación (LVHS); y ventilación mecánica de alto volumen y baja rotación (HVLS). El interior de las instalaciones fue dividido en mallas de 40 puntos equidistantes, en los cuales fueron recolectados manualmente los niveles de Temperatura del aire (Tar), Humedad Relativa (HR) y ruido, siendo tales colectas realizadas siempre en la tarde. La técnica de geoestadística se utilizó para evaluar la dependencia y distribución espacial de los niveles de Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y ruido. Los resultados encontrados evidenciaron la ocurrencia de fuerte dependencia espacial para ambas variables e instalaciones. Los niveles más altos de ITH se observaron para la instalación con ventilación natural, mientras que los niveles más altos de ruido se verificaron para la instalación con ventilación del tipo LVHS, y la instalación con ventilación del tipo HVLS presentó baja variabilidad espacial.

Palabras clave: Bovinocultura de leche; Bienestar animal; Presión sonora.

¹Discente do curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras.

²Docente da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA).

³Graduando em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

⁴Docente do curso de Agronomia da Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: eberson.silva@uemg.br

INTRODUÇÃO

Em se tratando de produção de leite, o Brasil ocupa uma posição de destaque, apresentando um crescimento anual acima da média mundial, e garantindo a quinta posição no ranking dos países produtores de leite no mundo, contando com um total de 1,3 milhão de propriedades, distribuídas por todo o território nacional (ZOCCAL et al., 2012). Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), o crescimento na produção nacional de leite deu-se a uma taxa média anual de + 3,1% a.a. entre os anos de 2011 e 2014, chegando a 35,1 bilhões de litros em 2014. Destaca-se ainda o crescimento médio na produtividade das vacas ordenhadas, na ordem de + 2,1% a.a., alavancado pela modernização tecnológica do setor leiteiro (RESENDE e STOCK, 2014).

Todavia, para alcançarem resultados satisfatórios em sua atividade, demanda-se cada vez mais dedicação e investimentos por parte dos produtores. Diariamente, os mesmos se deparam com diversos desafios, pois fatores como estrutura física, ambiente térmico, manejo, entre outros, apresentam implicações diretas sobre a produtividade do rebanho. A estrutura física, especialmente, apresenta elevada importância para o sucesso na atividade, uma vez que instalações bem dimensionadas propiciam melhores condições de conforto aos animais, possibilitando o aumento da produtividade (COSTA, 2014).

Dentre os sistemas de produção confinada de gado de leite, destaca-se o Compost Barn, que surge como uma alternativa viável aos sistemas convencionais empregados na produção leiteira. Conforme Barberg et al. (2007), o sistema consiste no confinamento dos animais em uma grande área comum, recoberta por cama em material macio e confortável, que sob condições adequadas de temperatura e umidade sofre o processo de compostagem ao longo do tempo. Destacam-se como vantagens do sistema a melhoria no conforto e bem-estar do rebanho, os ganhos em produtividade e sanidade, a redução dos custos de produção, assim como a correta destinação dos dejetos orgânicos, através do processo de compostagem dos dejetos produzidos pelos animais (DAMASCENO, 2012; BRITO, 2016).

Conforme Bilty et al. (2009), o estresse térmico afeta negativamente a produção leiteira de diversas formas, como através da redução da produtividade do rebanho e da ocorrência de perdas reprodutivas, gerando consequentes perdas econômicas aos produtores. A redução da produtividade de leite é causada principalmente devido à redução na ingestão de alimentos, atrelada ao desconforto do animal, uma vez que temperatura e umidade relativa do ar elevadas comprometem a capacidade do animal de dissipar calor (DAHL, 2010).

Conforme Damasceno (2012), diversos fatores deverão ser considerados quando da implantação de um Compost Barn, destacando-se a escolha do sistema de ventilação adequado à mesma, que apresenta elevada

importância para o correto funcionamento do sistema, através da manutenção de ambiente confortável aos animais, da remoção de gases e calor, e da secagem da cama. Em instalações onde não é possível se alcançar de forma natural o volume de ar necessário à promoção de conforto aos animais e à secagem da cama, utiliza-se como solução prioritária a ventilação mecânica, sendo que os principais tipos de ventiladores utilizados nas instalações são o de alto volume e baixa rotação – HVLS, e baixo volume e alta rotação – LVHS (LESO, 2015).

Todavia, em se tratando dos sistemas de ventilação comercialmente utilizados, não há a existência ou disponibilidade de informações acerca do efeito da instalação de tais equipamentos, no que se refere a sua efetividade em promover conforto aos animais, assim como as perturbações causadas no ambiente.

Conforme Yamamoto e Landim (2013), os métodos geostatísticos fornecem um conjunto de técnicas que podem ser utilizadas para entender a aparente aleatoriedade dos dados, podendo estes apresentar uma estruturação espacial, estabelecendo dessa forma, uma função de dependência espacial. A geoestatística é uma ferramenta que possibilita a interpretação dos resultados baseada em sua variabilidade espacial, com a utilização da modelagem de dependência espacial das variáveis através da semivariância. O uso da ferramenta de geoestatística torna possível a interpretação dos resultados baseados em sua variabilidade espacial, a partir da modelagem de dependência espacial das variáveis através de sua semivariância (MEDEIROS et al., 2014).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a distribuição espacial do conforto térmico e níveis de ruído em instalações Compost Barn com diferentes sistemas de ventilação, através do uso da técnica de geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

• Caracterização das instalações avaliadas

O estudo foi realizado durante o mês de Abril de 2017, em duas fazendas localizadas no município de Madre de Deus de Minas – MG, localizada na Mesorregião do Vale das Vertentes, latitude 21° 29' 2" S, longitude 44° 19' 58" O de Greenwich, e altitude 985 m, com clima, conforme a classificação climática de Köppen, classificado como Cwa (temperado úmido, com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22 °C).

As instalações avaliadas localizavam-se em duas propriedades próximas (menos de 5 km), sendo duas localizadas na primeira e uma na segunda propriedade. As duas instalações localizadas na mesma propriedade apresentavam as mesmas características construtivas, sendo estas: dimensões de 17,00 m de largura e 33,10 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 4,60 m, telhado em duas águas, apresentado estrutura e cobertura em telhas metálicas. A terceira instalação apresentava as seguintes características construtivas:

dimensões de 17,40 m de largura e 48,50 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 4,20 m, telhado em duas águas, com estrutura e cobertura metálica. A primeira instalação apresentava apenas ventilação natural, ao passo que as demais apresentavam ventilação mecânica, possuindo em seu interior ventiladores de baixo volume e alta rotação (LVHS) e alto volume e baixa rotação (HVLS), para a segunda e terceira instalações, respectivamente. Em ambas as instalações, o material da cama era serragem de madeira, apresentando espessura de aproximadamente 0,40 m.

• Coleta e análise dos dados

Conforme as suas características, o interior das instalações foi dividido em malhas com 40 pontos equidistantes, nos quais foram realizadas as coletas de umidade relativa (UR), temperatura do ar (Tar), e níveis de ruído. A coleta de tais variáveis foi realizada manualmente, utilizando-se um Termo-higro-decibelímetro-luxímetro digital portátil, modelo THDL-400, com capacidade de coleta de temperatura entre -20 e 750°C ($\pm 0,1^\circ\text{C}$), de Umidade Relativa entre 25 a 95%U.R ($\pm 0,1\%\text{U.R.}$), e de níveis de ruído entre 35 e 130 dB ($\pm 0,1\text{ dB}$). A altura de coleta admitida foi de 1,50 m, sendo todas as coletas realizadas no período da tarde (13:00 às 17:00 horas).

Para a avaliação do conforto térmico nas instalações, determinou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), conforme modelo proposto por BUFFINGTON et al. (1983):

$$\text{ITU} = 0,8 \cdot T_{\text{ar}} + \text{UR} \cdot (T_{\text{ar}} - 14,3) / 100 + 46,3 \quad (1)$$

Em que:

Tar é a temperatura do ar, em °C;

UR é a umidade relativa do ar, em %.

Os intervalos de ITU foram definidos, para aves, bovinos e suínos, de acordo com estudos realizados por THOM (1959) E HUBBARD et al. (1999), sendo estes: $\text{ITU} < 74$ – condição de conforto térmico adequado; $74 \leq \text{ITU} < 79$ – condição de alerta aos produtores para que providências sejam tomadas com o objetivo de evitar perdas; $79 \leq \text{ITU} < 84$ – condição de perigo, sendo necessário tomar medidas de segurança para prevenir perdas desastrosas, principalmente para os rebanhos confinados; e, $\text{ITU} > 84$ – situação de emergência, sendo necessário que providências urgentes sejam tomadas para evitar a perda do plantel.

Para verificar-se a distribuição espacial do ITU e níveis de ruído, bem como predizer tais níveis em locais não amostrados nas instalações e a ocorrência de dependência espacial, utilizou-se a técnica de geostatística. Tal análise foi realizada utilizando o sistema computacional R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015), através da biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR e DIGGLE, 2001).

Para avaliação da dependência espacial do ITU e níveis de ruído no interior das instalações, foram realizados ajustes de semivariograma e interpolação por krigagem ordinária. A estimação do semivariograma foi realizada através da Equação 2 (BACHMAIER e BACKERS, 2008):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (2)$$

Em que:

N (h) corresponde ao número de pares experimentais de observações Z (Xi) e Z (Xi + h) separados por uma certa distância h.

Os coeficientes do modelo teórico para semivariograma, chamados de efeito pepita - C0, patamar - C0 + C1, e o alcance - a, foram obtidos a partir de um modelo matemático para os valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, retratado por BACHMAIER e BACKERS (2008).

O Grau de Dependência Espacial (GDE) foi determinada através da razão entre o efeito pepita (C0) e o patamar (C0 + C1), multiplicando por 100. A análise desta dependência foi realizada utilizando a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994). Conforme tal classificação considera-se com forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita inferior a 25% do patamar, moderado entre 25% e 75% e baixo quando superior a 75%.

Em virtude de tratar-se de um pequeno agrupamento de dados, utilizou-se o método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML), conforme sugerido por MARCHANT e LARK (2007). Os modelos testados para o ajuste do semivariograma experimental, foram Gaussiano e Esférico.

A técnica de krigagem ordinária foi utilizada para a interpolação ordinária dos dados, possibilitando a visualização da espacialização dos níveis de ITU e ruído no interior das instalações. Mapas de superfície resposta foram gerados a partir dos dados interpolados, utilizando-se o software ArqGIS®, de licença do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de massa (g), comprimento do eixo maior (mm), comprimento do eixo menor (mm), volume medido (cm³) e área superficial (cm²) estão apresentados na Tabela 1.

• Conforto Térmico

Os semivariogramas de ITU para as instalações avaliadas ajustaram-se ao Modelo Esférico (Tabela 1). Conforme a classificação sugerida por CAMBARDELLA et al. (1994), pode-se verificar a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos de coleta, sendo verificados GDE's iguais a 0,00%, para as três

Tabela 1: Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para o ITU no interior das instalações avaliadas.

Instalação	Ventilação	Método	Modelo	C0	C1	C0 + C1	a	GDE
1	Natural	REML	Esférico	0,0000	0,3889	0,3889	11,9338	0,0000
2	LVHS	REML	Esférico	0,0000	0,3239	0,3239	17,3013	0,0000
3	HVLS	REML	Esférico	0,0000	0,0526	0,0526	33,4934	0,0000

C0: Efeito pepita; C1: Contribuição; C0 + C1: Patamar; a: Alcance prático; e GDE: Grau de Dependência Espacial.

instalações avaliadas. Com relação ao alcance, que se refere a extensão espacial com que a variável analisada se correlaciona, foram verificados valores expressivos, sendo o maior valor referente a instalação com ventilação mecânica do tipo HVLS, seguido pela instalação com ventilação do tipo LVHS, e da instalação com ventilação natural, apresentando valores iguais a 33,4934 m, 17,3013 m e 11,9338 m, respectivamente. A ocorrência de tais valores de alcance indica que a presença de ventilação mecânica no interior das instalações propicia o aumento da correlação entre pontos localizados a distâncias consideráveis no interior das instalações.

A partir dos dados coletados, foram calculados os níveis de ITU no interior das três instalações, e por intermédio da técnica de krigagem, foram preditos os valores para todos os pontos não amostrados, sendo gerados mapas de distribuição espacial dos níveis de ITU, conforme apresentado na Figura 1.

Conforme pode-se verificar pela Figura 1a, os valores de ITU mais elevados foram observados no interior da instalação com ventilação natural, que apresentou valores máximos de ITU no intervalo entre 78 e 79. De acordo com os limites de ITU estabelecidos por THOM (1959) e HUBBARD et al. (1999), no interior de toda a instalação foram verificados valores de ITU situados entre 74 e 79, podendo-se considerar condição de alerta, indicando a necessidade de intervenção dos produtores, para que se possam evitar perdas futuras. Os valores de ITU menos elevados (75), foram verificados em locais próximos à extremidade do galpão, sendo estes ocasionados pela ventilação natural atuante em tais locais.

Na Figura 1b, pode ser verificada a distribuição espacial do ITU na instalação com ventilação mecânica do tipo LVHS. Para o interior de tal instalação, foram observados valores de ITU variando entre 73 e 76, sendo os valores mais elevados observados nas extremidades. Tal

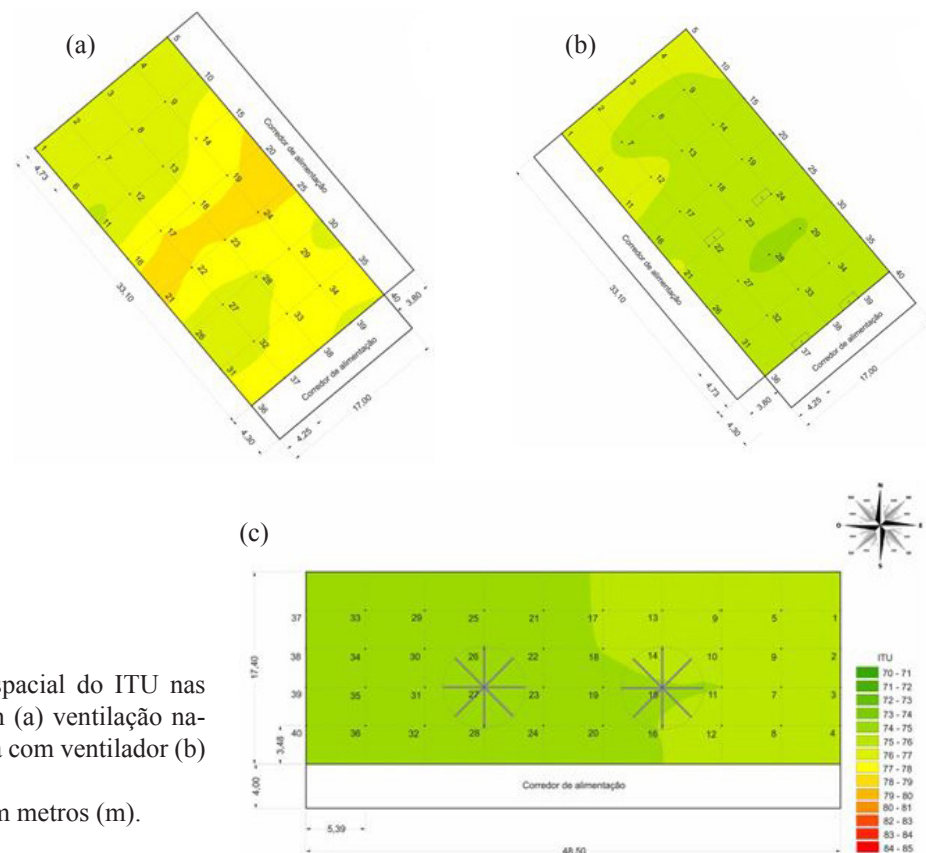


Figura 1: Distribuição espacial do ITU nas instalações avaliadas com (a) ventilação natural, ventilação mecânica com ventilador (b) LVHS e (c) HVLS.

* Cotas das instalações em metros (m).

fato pode ser explicado pela incidência direta de radiação solar em tais locais, ocorrida em alguns períodos do dia. Os valores menos elevados foram observados em locais próximos à linha de atuação dos ventiladores. Todavia, a partir dos resultados encontrados, pode-se inferir que o sistema de ventilação não apresentou efetividade em propiciar conforto aos animais em toda a instalação.

Conforme pode-se verificar pela Figura 1c, no interior da instalação com ventilação do tipo HVLS foram encontrados valores de ITU entre 74 e 76, havendo pouca variação na distribuição dos mesmos.

Para ambas as instalações, as distribuições dos níveis de ITU em seus interiores apresentaram-se acima dos níveis de conforto térmico adequado para bovinos de leite, com valores de ITU superiores a 74. Somente para a instalação com ventilação do tipo VHLS foram verificados valores de ITU na classe entre 73 e 74, estando estes localizados em uma pequena mancha entre os ventiladores, sendo estes os responsáveis por propiciar condições adequadas de conforto térmico aos animais.

Conforme HEAD (1995), para países de clima tropical e subtropical, afim de se assegurar o conforto térmico aos animais é necessário a redução do efeito provocado pelo estresse calórico. A solução mais comumente empregada pelos produtores é a utilização de sistemas de condicionamento ambiental para vacas leiteiras, que possibilita a redução da temperatura retal e frequência respiratória, promovendo melhor conforto aos animais (FRAZZI et al., 1998). A análise de ambas as figuras permite inferir que a utilização de ventilação mecânica, de ambos os tipos, propiciou a redução do estresse térmico no interior de instalações avaliadas, não sendo, todavia, suficiente para promover o conforto térmico aos animais.

• Níveis de ruído

Em relação aos níveis de ruído, para as instalações avaliadas os semivariogramas experimentais ajustaram-se ao Modelo Esférico (Tabela 2). Utilizando a classificação sugerida por CAMBARDELLA et al. (1994), verifica-se a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos de coleta dos níveis de ruído, sendo verificados GDE's iguais a 0,00%, para as três instalações avaliadas. Quanto ao alcance, referente a extensão espacial com que a variável ruído se correlaciona (CRESSIE, 1993), para ambas instalações foram verificados valores expressivos, sendo o maior valor

referente a instalação com ventilação mecânica do tipo LVHS, seguido pela instalação com ventilação do tipo HVLS, apresentado valores iguais a 35,901 m e 19,173 m, respectivamente. Com base em tais valores, pode-se analisar que a ventilação do tipo LVHS propiciou a ocorrência de maior valor de alcance, podendo tal fato ser explicado por este apresentar alta rotação, fazendo com que o ruído oriundo de sua rotação alcance pontos localizadas à consideráveis distâncias dos pontos de localização dos ventiladores.

Com base nos dados coletados e utilizando a técnica de krigagem ordinária, propiciou-se predizer os valores de ruído para pontos não amostrados no interior das instalações, sendo gerados mapas de distribuição espacial (Figura 2).

Pela análise da Figura 2, pode-se analisar que houve variação do nível de ruído no interior de ambas instalações, sendo os valores mais expressivos observados no interior da instalação com ventilação mecânica do tipo LVHS, com valores variando entre 67 e 75 dB (Figura 2b). A ocorrência de valores mais elevados no interior de tal instalação indica que a presença de ventiladores de alta rotação ocasiona a elevação do nível de ruído. Os níveis de ruído mais elevados (entre 74 e 75 dB), foram observados para locais próximos ou na própria linha de atuação dos ventiladores, bem como entrada para o corredor de alimentação, indicativo que estes foram ocasionados tanto pela presença da ventilação mecânica, como pela presença dos animais no corredor de alimentação.

Os valores menos elevados de ruído foram observados no interior da instalação com ventilação natural (Figura 2a). Para tal instalação, observou-se que de tais focos de ruído são provocados pelos próprios animais, bem como por operações realizadas em instalações próximas, como a sala de ordenha, demais instalações de produção animal, e galpão de máquinas. Eventualmente, verificou-se a contribuição de ruídos oriundos do caminhamento de funcionários e tráfego de máquinas nas imediações da instalação avaliada.

Já na instalação com presença de ventilação mecânica do tipo HVLS foram verificados valores de ruído variando entre 48 e 55 dB, com os valores mais expressivos localizados em pontos próximos ao abaixo da localização dos ventiladores. Observa-se ainda a ocorrência de elevada uniformidade de distribuição, com níveis de ruído entre 53 e 55 dB ocorrendo em grande parte da área da instalação.

Tabela 2: Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para níveis de ruído nas instalações avaliadas.

Instalação	Ventilação	Método	Modelo	C0	C1	C0 + C1	a	GDE
1	Natural	REML	Esférico	0,000	3,600	3,600	12,229	0,000
2	LVHS	REML	Esférico	0,000	3,904	3,904	35,901	0,000
3	HVLS	REML	Esférico	0,000	3,776	3,776	19,173	0,000

C0: Efeito pepita; C1: Contribuição; C0 + C1: Patamar; a: Alcance prático; e GDE: Grau de Dependência Espacial.

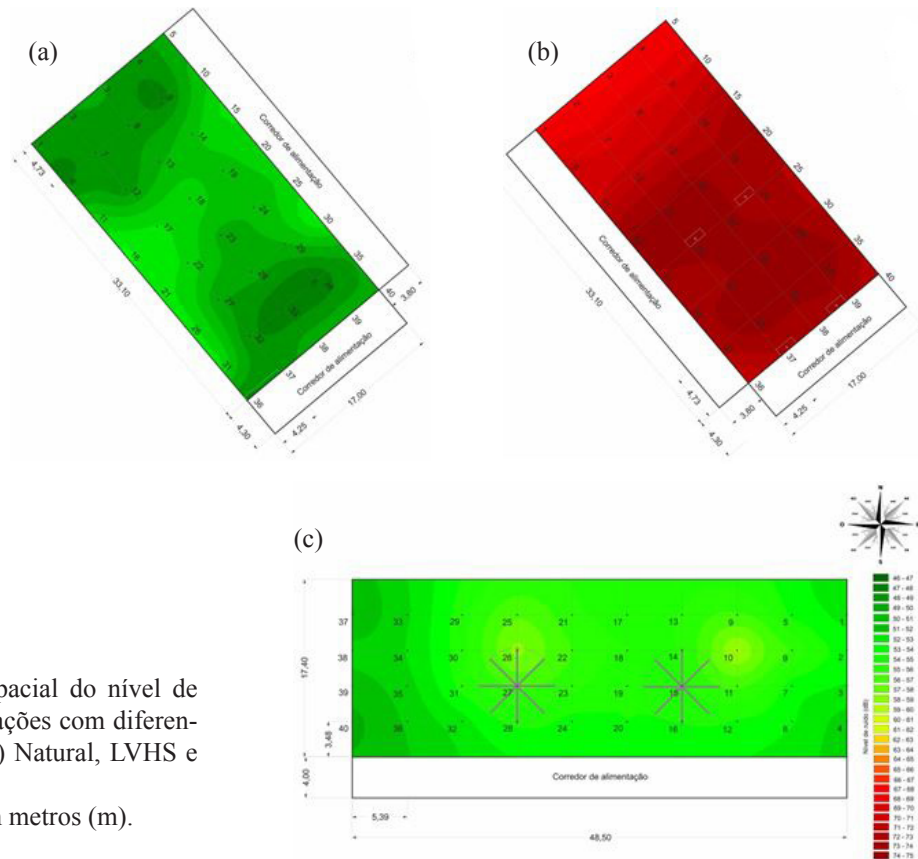


Figura 2: Distribuição espacial do nível de ruído no interior de instalações com diferentes tipos de ventilação: (a) Natural, LVHS e (b) HVLS.

* Cotas das instalações em metros (m).

Para as três instalações, os níveis de ruído menos elevados foram observados em suas extremidades, em locais de maior distanciamento da localização dos ventiladores, indicativo de ser esta a principal responsável pelos valores expressivos encontrados. Verifica-se ainda que os níveis de ruído no interior da instalação com presença de ventilação do tipo HVLS encontram-se bem próximos aos níveis observados na instalação com ventilação natural, evidenciando que a baixa rotação dos ventiladores presentes em tais instalações pouco contribuem para a elevação dos níveis de ruído.

Conforme o Decreto-Lei 135 (BRASIL, 2003), que estabelece as normas mínimas de proteção de suínos alojados, devem ser evitados ruídos súbitos, bem como níveis contínuos iguais ou superiores à 85 dB. Entretanto, em se tratando da criação de bovinos alojados inexistente uma legislação aplicável, sendo necessários a realização de estudos detalhados, como forma de caracterizar os níveis de ruído no interior das instalações, suas causas e consequências na produção animal, assim como formas de normalização.

Bovinos são animais adaptáveis a diferentes níveis e tipos de ruído, no entanto deve-se evitar a exposição do rebanho a ruídos repentinos ou elevados, como forma de se evitar o estresse dos animais. Com isso, o aumento dos níveis de ruído no interior da instalação pode ocasionar estresse sonoro nos animais, assim como ocasionar a redução da produtividade e, consequentes pre-

juízos econômicos à atividade (MALDONADO, 2016).

De acordo com estudos realizados por CARMO (2012), que objetivou realizar a caracterização arquitetônico-ambiental em instalações da pecuária leiteira no estado de Minas Gerais, para a condição de acondicionamento térmico ligado (ventilação do tipo LVHS), foram verificados valores médios de nível de ruído iguais a 67, 69 e 72 dB, para instalações do tipo Free-Stall localizadas nos municípios de Carmo do Rio Claro, Alpinópolis e São João Batista da Glória, respectivamente. Neste trabalho, para a instalação com presença de ventilação do tipo LVHS, foram verificados níveis de ruído conforme os verificados pelo autor supracitado.

CONCLUSÕES

O uso da técnica de geostatística possibilitou verificar a ocorrência de forte dependência espacial entre os pontos amostrados no interior de ambas as instalações, tanto para o ITU, quanto para o ruído. Para ITU, o valor mais elevado de alcance foi verificado para a instalação com presença de ventilação do tipo HVLS (33,493 m), ao passo que para o ruído o maior valor foi observado para a instalação com ventilação do tipo LVHS (35,901 m). Para ambos os casos, os valores menos elevados de alcance foram verificados para a instalação com ventilação natural.

Em relação ao ITU, a partir dos resultados alcançados foi possível verificar que para as três instalações tal

índice encontra-se acima da recomendação para gado de leite. Os piores resultados foram encontrados para a instalação provida apenas de ventilação natural. Para as instalações com ventilação mecânica, foi observada menor variabilidade na distribuição espacial do ITU.

Os níveis mais elevados de ruído foram verificados para a instalação com ventilação do tipo LVHS, que apresentou níveis variando entre 67 e 75 dB. A instalação com ventilação do tipo HVLS apresentou baixa variabilidade espacial, com níveis de ruído variando predominantemente entre 53 e 55 dB, estando mesmo bem próximos aos verificados no interior da instalação com ventilação natural.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro ao projeto, bem como à SESu/MEC, pela bolsa do Programa de Educação Tutorial.

REFERÊNCIAS

- BACHMAIER, M. & BACKERS, M. Variogram or semivariogram? Understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, v. 9, p. 173-175, 2008.
- BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, 1575-1583, 2007.
- BILBY, T. R.; TATCHER, W.W.; HANSEN, P.J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: **XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS**, 2009, Uberlândia, MG. Anais... 2009, p. 59-71.
- BRASIL. **Decreto-Lei n. 135, de 28 de Junho de 2003**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 jun. 2003. 1. série A, n. 147, Pág. 3719.
- BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016, 59 p. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1983.
- CAMBARDELLA, C. A., MOORMAN, T. B., NOVAK, J. M., PARKIN, T. B., KARLEN, D. L., TURCO, R. F. KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CARMO, M. A. **Adequação arquitetônica-ambiental do sistema produtivo da pecuária de leite do estado de Minas Gerais com vistas as boas práticas de bem-estar animal**. 2012, 266 p. Tese de Mestrado (Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Mensal: Leite e Derivados**. Brasília, 2016. 9 p.
- COSTA, M. J. R. P.; SILVA, L. C. M. **Boas práticas no manejo: Bezerros leiteiros**. 1. ed. (2. rev.) Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51 p.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. 1.ed. New York: J. Wiley, 1993. 900 p.
- DAMASCENO, F. A. **Compost Bedded Pack Barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012, 404 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- DAHL, G. E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In: **XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS**, 2010. Uberlândia, MG. Anais... 2010, p. 357-362.
- FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In: **INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE**, 5, St. Louis. Proceedings... St. Louis: ASAE. 1998, 387-394.
- HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA**, 2, Jaboticabal-SP. Anais... Jaboticabal-SP: SBBiomet, p. 26-68. 1995.
- HUBBARD, K. G.; STOOKSBURY, D. E.; HAHN, G. L.; MADER, T. L. A climatological perspective on feedlot cattle performance and morality related to the temperature-humidity index. **Journal Production Agriculture**, Madison, v.12, n. 4, p.650-3, 1999.
- LESO, L. **Performance and design of an alternative housing system for dairy cows**. Thesis of PhD (Sustainable management of agricultural and forestry resources). 2015, 123 p. Università degli Studi Firenze, Firenze – IT.
- MARCHANT, B. P.; LARK, R. M. **Robust estimation of the variogram by residual maximum likelihood**. Geoderma, Amsterdam, v. 140, p. 62-72, 2007.
- MALDONADO, F. **Fórum de discussão sobre as diretrizes da oie referentes ao bem-estar animal**. Disponível em: <http://www.sbppc.org.br/arq/oie/oie-standard.pdf>. Acesso em 20 de julho de 2017.

MEDEIROS, B. B. L., MOURA, D. J., MASSARI, J. M., CARVALHO, T. M. R., MAIA, A. P. A. Uso de geoestatística na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos criados em sistema ‘wean to finish’ na fase de terminação. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 800-811, 2014.

RESENDE, J. C.; STOCK, L. A. Crescimento e mudanças geog. da produção de leite no Brasil entre 2002 e 2012. **Boletim CBLeite**, nº 20. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora: 2014.

R: a language and environment for statistical computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 20 de maio de 2017.

RIBEIRO JUNIOR, P. J., DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, v. 1, p. 14-18, 2001.

THOM, E. **The discomfort index**. *Weatherwise*, v. 12, n. 1, p. 57-60, 1959.

ZOCCAL, R. **Conjuntura do Mercado Lácteo**. Centro de Inteligência do Leite. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012.

YAMAMOTO, J. K. & LANDIM, P. M. B. **Geoes-tatística: conceitos e aplicações**. 1.ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013. 215p.