



# Análise espacial das condições térmicas do ambiente pré-ordenha de bovinos leiteiros sob regimes de climatização<sup>1</sup>

Irenilson M. da Silva<sup>2</sup>, Heliton Pandorfi<sup>3</sup>, Gledson L. P. de Almeida<sup>2</sup>,  
Cristiane Guiselini<sup>3</sup>, Anildo M. Caldas<sup>3</sup> & Arthur L. Jacob<sup>4</sup>

## RESUMO

Propõe-se, com este trabalho, caracterizar a variabilidade espacial da temperatura do ar na sala de pré-ordenha a partir de diferentes tempos de operação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo automatizado. A variável temperatura do ar foi registrada em 35 pontos equidistantes 1 m, na forma de malha, para o estudo da variabilidade espacial e a construção de mapas por krigagem. Foram considerados diferentes tempos de exposição dos animais a climatização no curral de espera, 20, 30, 40 min e controle (0 min). Por meio dos resultados obtidos foi possível verificar que o uso da geoestatística possibilitou definir áreas com diferentes variabilidades espaciais para temperatura do ar, definindo áreas específicas na sala de pré-ordenha que apresentaram valores acima do recomendado para o conforto térmico animal. O sistema de climatização garantiu melhor acondicionamento térmico no tempo de exposição de 40 min, obtendo temperatura média dentro da condição de conforto térmico para vacas em lactação.

**Palavras-chave:** ambiência, bem-estar, conforto térmico, variabilidade espacial

## Spatial analysis of thermal conditions of the pre-milking dairy cattle under climatization regimes

## ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the spatial variability of air temperature in pre-milking room for different operation times of the automated adiabatic evaporative cooling system. The air temperature was monitored at 35 points, in regular intervals of 1 m, as a grid, to study the spatial variability and construction of kriging maps. Different times of exposure of the animals to the cooling system in the waiting room (20, 30, 40 min and control - 0 min) were considered. Through the results, it was observed that use of geostatistics enabled to define areas with different spatial variability for temperature, identifying specific areas in the pre-milking room that showed values above the recommended levels for the thermal comfort. The cooling system ensured the better thermal condition with the 40 min exposure, obtaining on average temperature within the thermal comfort condition for lactating cows.

**Key words:** ambience, welfare, thermal comfort, spatial variability

<sup>1</sup> Projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

<sup>2</sup> PPG em Engenharia Agrícola/UFRPE, R. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. E-mail: irenilsonmachado@yahoo.com.br

<sup>3</sup> DTR/UFRPE. Fone (81)3320-6261. E-mail: pandorfi@dtr.ufrpe.br; cguiseli@hotmail.com; anildocaldas@ig.com.br

<sup>4</sup> Engenharia Agrícola/UFRPE. E-mail: arthurljacob@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O manejo do microclima no interior das instalações zootécnicas tem sido amplamente difundido, na busca pela adequação das condições de conforto térmico dos animais alojados, devido à influência dos elementos meteorológicos que favorecem ou prejudicam seu desempenho. Este manejo engloba as estratégias usadas para reduzir os efeitos negativos dos agentes estressores da relação animal-ambiente.

Em ambientes tropicais a magnitude do estresse térmico é causada pelo efeito combinado de alta temperatura e umidade relativa do ar, elevada incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento, o que reduz a eficiência da perda de calor (Dikmen & Hansen, 2009) limitando o desenvolvimento, a produção e a reprodução dos animais (Avendano et al., 2006). Em alguns sistemas de produção de leite usa-se a nebulização combinada à ventilação, para aliviar o estresse por altas temperaturas. Pesquisas demonstram que, com esta prática em pré-ordenha, vacas girolando aumentaram sua produção em 4,35% no agreste pernambucano (Almeida et al., 2010) e bovinos holandeses apresentaram aumento na produção de leite, de 14,73% em Nova Odessa, SP (Matarazzo et al., 2007).

Perissinotto et al. (2006) verificaram, estudando o efeito da climatização nos parâmetros fisiológicos de gado leiteiro, que os sistemas de resfriamento, nebulização e aspersão, ambos associados à ventilação forçada, reduziram significativamente a temperatura máxima do abrigo em relação à temperatura do ambiente externo.

Para melhor avaliar o ambiente de produção animal tem-se buscado o auxílio de métodos inovadores, ferramentas computacionais de avaliação e auxílio à tomada de decisão no controle do bem-estar de animais confinados (Borges et al., 2010).

Quando uma variável difere de um local para outro com algum grau de continuidade expresso pela dependência espacial, a geoestatística possibilita uma visão espacial útil ao planejamento e ao controle das informações do ambiente de produção, permitindo a interpolação por meio da krigagem e apresentando a vantagem de fornecer mapas de isolinhas precisos (Vieira, 2000).

A modelagem geoespacial e a interpolação por krigagem permitem a descrição quantitativa da variabilidade espacial de variáveis microclimáticas em ambientes construídos e a estimativa não-tendenciosa, com variância mínima de valores desses elementos em locais não amostrados.

Conhecer a variabilidade espacial do microclima no curral de espera para bovinos leiteiros é fator indispensável. A variável temperatura do ar influencia no comportamento, no bem-estar e na produtividade dos animais no curral de espera. Portanto, o estudo da variabilidade espacial deste elemento climático e a construção de mapas por krigagem podem auxiliar no manejo correto dos sistemas de climatização.

Miragliotta et al. (2006) e Faria et al. (2008) observaram, estudando a variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de frangos de corte e bovinos de leite, respectivamente, por meio do mapa de isolinhas que os galpões não apresentavam uniformidade para umidade relativa do ar promovendo desconforto para os animais confinados.

Neste contexto a pesquisa foi conduzida com o objetivo de caracterizar a variabilidade espacial da temperatura do ar na sala de pré-ordenha a partir de diferentes tempos de operação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) automatizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma propriedade comercial de produção de leite tipo B, Fazenda Roçadinho, município de Capoeiras, PE, latitude de 8° 36' 33" S, longitude de 36° 37' 30" W e altitude de 733 m. O índice pluviométrico da região é de 588 mm por ano e temperatura média anual de 22,1 °C. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Bsh, semiárido (Vianello & Alves, 2006).

A pesquisa foi conduzida durante a estação de verão (11 de janeiro a 7 de fevereiro de 2010) com duração de 28 dias divididos em 4 períodos (P1, P2, P3 e P4) de 2 dias (não consecutivos) totalizando 8. O registro de dados foi realizado em janeiro, nos dias 12 e 14 no P1; 19 e 21 no P2; 26 e 28 no P3 e nos dias 2 e 4 de fevereiro durante o P4, na segunda ordenha no turno da tarde (13 h 30 min às 14 h 10 min).

Para análise espacial das condições térmicas do ambiente sala de pré-ordenha foram considerados três tempos de climatização no curral de espera 20, 30, 40 min e o controle (0 min), que contou com 20 vacas girolando múltíparas em lactação, expostas ou não (controle) ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) automatizado antes da ordenha.

O curral de espera apresentava dimensões de 3 m de pé-direito, 8 m de comprimento e 6 m de largura (48 m<sup>2</sup>), com piso de pedra rejuntada com pasta de cimento; referidas dimensões estão de acordo com pesquisadores da EMBRAPA, que recomendam esta área para 20 animais adultos, com taxa de lotação de 2,4 m<sup>2</sup> por animal. A cobertura foi feita com malha preta de sombreamento (70%), colocada em camada única sobre estrutura de madeira, sem fechamento lateral.

A composição do SRAE contou com dois ventiladores axiais da marca Ventiaive<sup>®</sup>, modelo P3D-Plus, equipados com motor trifásico de 0,5 HP com diâmetro de 1 m, vazão de 240 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>, 965 RPM e capacidade de produzir movimentação de ar de até 2,5 m s<sup>-1</sup>, instalados com espaçamento de 6 m entre equipamentos, a altura de 2,5 m do piso e inclinação, em relação à vertical, de 20°, direcionada para o piso.

O sistema de nebulização (misting) foi composto de cinco linhas (tubo de polietileno) com quatro bicos nebulizadores por linha, marca ASBRASIL, modelo HADAR 7110, com espaçamento de 1,5 m entre bicos e entre linhas e altura de 3 m do piso. Este sistema foi equipado com uma bomba centrífuga da marca Schneider<sup>®</sup>, modelo BC-92SK, motor trifásico de 0,75 CV, com consumo de energia de 0,65 KWh e vazão de 240 Lh<sup>-1</sup>.

O SRAE foi ligado a um painel de potência e acionado automaticamente pelo controlador, o que permitiu o funcionamento do sistema, de forma intermitente, durante a permanência dos animais no curral de espera. Os ventiladores e a bomba centrífuga foram acionados quando a temperatura ambiente ultrapassou 26,0 °C e a umidade relativa do ar, no ambiente externo, inferior a 65%.

Para desativar o sistema foi utilizado histerese de uma unidade, tanto para temperatura como para umidade, ou seja, o controlador desligava os ventiladores e a bomba centrífuga quando a temperatura ambiente atingia uma unidade abaixo de 26,0 °C (25 °C) e umidade relativa uma unidade acima de 65% (66%).

Para avaliar a variabilidade espacial das condições térmicas na sala de pré-ordenha foram registrados os dados de temperatura do ar em malha regular de 35 pontos, distribuídos uniformemente ao longo da sala de pré-ordenha com espaçamento de 1 m entre cada ponto (Figura 1). Os registros das variáveis foram realizados para diferentes tempos de exposição, um na sequência do outro em todos os dias de análise. Os pré-requisitos para que o sistema de resfriamento fosse ligado, foram atendidos em todos os dias de análise.

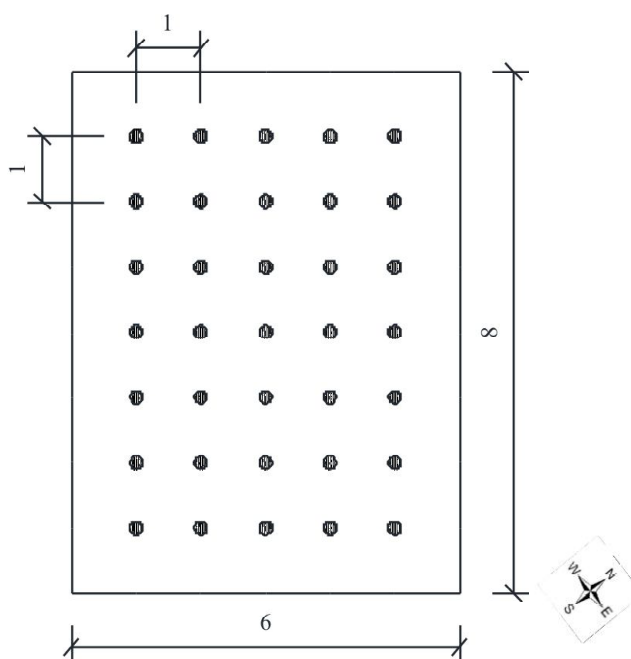


Figura 1. Malha regular dos pontos de registro de temperatura do ar

As medidas foram realizadas a 1,5 m do piso, em cada posição da malha regular de pontos, até a estabilização do equipamento para registro do dado, antes da climatização (controle) e durante o período de permanência dos animais no curral de espera (20, 30 e 40 min) no turno da tarde. O equipamento utilizado para o registro de dados foi o termoanemômetro portátil da marca AZ Instrument, modelo 8908 com faixa de registro de temperatura de -15 a 50 °C.

As temperaturas internas do curral de espera foram analisadas pela estatística descritiva calculando-se a média, a mediana, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Comprovou-se se a média e a covariância dos valores não apresentaram tendência, ou seja, se existia estacionariedade. O motivo desta análise se deve ao fato de que os dados devem satisfazer a condição de estacionariedade; no entanto, não ocorreu essa condição, sendo necessária a filtragem da

tendência dos dados e, para isto, utilizou-se o método de regressão polinomial do programa SURFER<sup>(demo)</sup>.

A dependência espacial foi verificada por meio de ajustes de semivariogramas (Vieira, 2000), com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por:

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

em que:

$N(h)$  - número de pares experimentais de observações  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$  separados por uma distância  $h$

O semivariograma é representado pelo gráfico  $\gamma(h)$  versus  $h$ . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de  $\gamma(h)$  são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita,  $C_0$ ; patamar,  $C_0 + C_1$ ; e o alcance,  $a$ ).

Para analisar o grau da dependência espacial dos atributos em estudo utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm efeito pepita < 25% do patamar, moderada quando está entre 25 e 75% e fraca > 75%.

Os modelos de semivariogramas considerados foram o esférico, o exponencial, o linear e o gaussiano, ajustados por meio do programa GS<sup>+</sup> e, posteriormente, utilizados no desenvolvimento de mapas de isolinhas (krigagem). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de determinação obtido pelo método de validação cruzada por meio do programa GEO-EAS, em que se observou a média próxima a "zero" e o desvio padrão próximo a 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos valores das médias e medianas, coeficientes de assimetria e curtose e o uso do teste Kolmogorov-Smirnov, evidencia a normalidade dos dados analisados (Tabela 1). Segundo Little & Hills (1978), quando o valor da média, da mediana e da moda são semelhantes, os dados apresentam ou se aproximam da distribuição normal. Isto pode ser um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (Cambardella et al., 1994). Resultados semelhantes foram apresentados por Faria et al. (2008) que obtiveram normalidade para o atributo temperatura do ar em free-stall climatizado para bovinos leiteiros.

Os valores das médias de temperatura do ar se mantiveram acima do ideal para vacas em lactação, no controle 20 e 30 min de exposição ao SRAE (Tabela 1), os quais, segundo Perissinotto & Moura (2007) deveriam estar entre 4 e 26 °C. Entretanto, a exposição do ambiente a 40 min de climatização promoveu redução da temperatura média de 30,54 para 25,2 °C, enquadrando-se na faixa ideal para vacas em lactação. Almeida

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva da temperatura do ar nos tempos de climatização estudados

Estatística	Climatização (min)			
	Controle (0)	20	30	40
Média	30,54	26,31	26,21	25,09
Mediana	30,48	25,98	26,30	25,10
Mínimo	29,95	25,18	24,83	24,30
Máximo	31,30	28,45	27,15	26,18
Assimetria	0,51	1,17	-0,51	0,58
Curtose	-0,52	0,15	-0,20	0,01
C.V (%)	1,12	3,60	2,16	1,75
Desv. Pad.	0,34	0,95	0,57	0,44
KS	*	*	*	*

Coefficiente de Variação (%), KS = teste Kolmogorov-Smirnov, (\*) Distribuição normal com nível de 1% de significância

et al. (2010) verificaram redução da temperatura média em curral de espera de 29,2 para 24,3 °C, após 30 min de climatização, corroborando com a redução verificada no presente estudo, após o tempo de exposição de 40 min.

Valores elevados de coeficiente de variação (CV) podem ser considerados os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade. Ao serem considerados os critérios de classificação de Warrick & Nielsen (1980), de baixa variabilidade para  $CV < 12\%$ , média variabilidade para  $12\% < CV < 62\%$  e alta variabilidade para  $CV > 62\%$ , a variável temperatura apresentou baixa variabilidade nas diferentes condições de climatização. Esses resultados estão de acordo com Faria et al. (2008) que obtiveram baixa variabilidade para dados de temperatura em free-stall climatizado.

A baixa variabilidade da temperatura do ar quando não houve climatização (CV de 1,12%) é devida ao fato de que a distribuição da temperatura na sala de pré-ordemha foi

homogênea por estar sujeita apenas à condição natural. Já a diminuição progressiva da variabilidade para 20, 30 e 40 min de exposição ao SRAE (Tabela 1) ocorreu porque o sistema conseguiu estabilizar a temperatura mostrando-se eficiente no acondicionamento térmico do ambiente estudado, o que também pode ser evidenciado na Figura 3A.

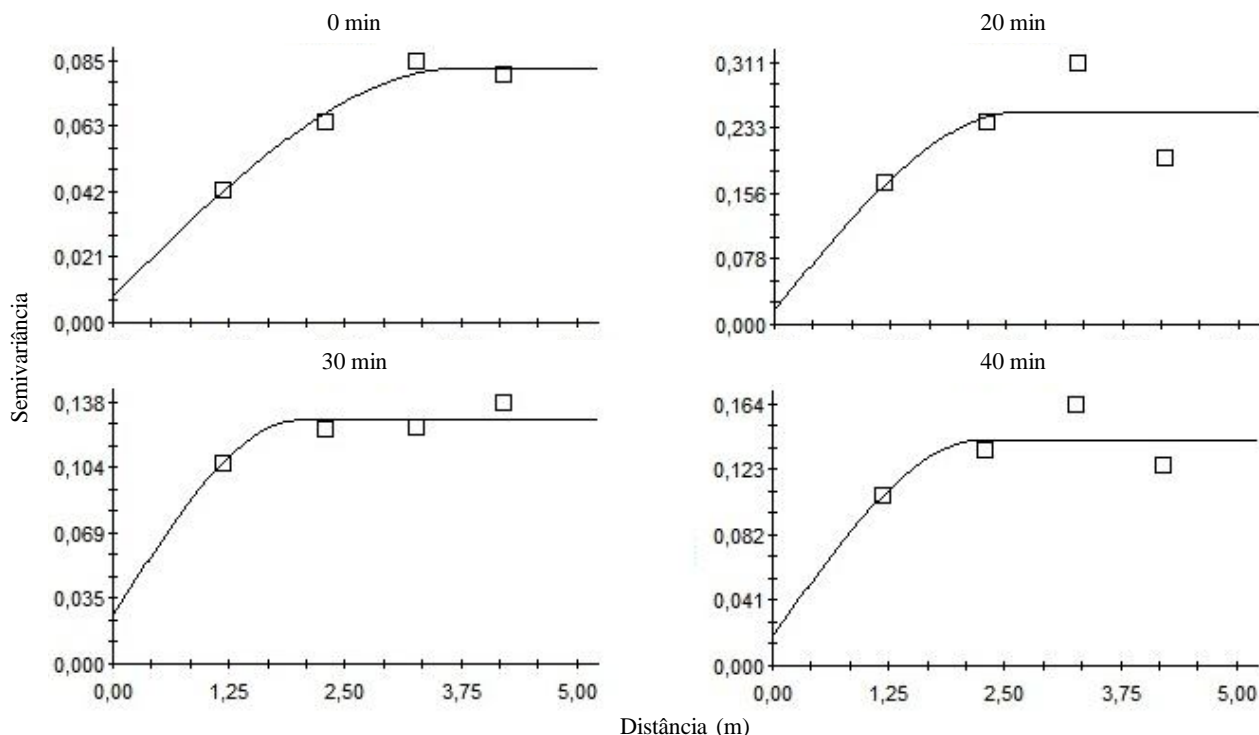
Segundo Isaaks & Srivastava (1989) mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência do efeito proporcional em que a média e a variância dos dados não sejam constantes na área de estudo. Este efeito não ocorreu visto que os semivariogramas apresentaram patamares bem definidos (Figura 2).

Os semivariogramas indicaram que o valor limite da distância no qual não haveria mais dependência espacial para a variável temperatura do ar, foi de 3,75; 2,63; 2,01 e 2,26 m para os tratamentos controle, 20, 30 e 40 min, respectivamente (Figura 2).

Faria et al. (2008) obtiveram, trabalhando com galpão não-climatizado (ambiente 1) e climatizado (ambiente 2), os valores do alcance inferiores dos atributos microclimáticos para o ambiente 2 em relação ao ambiente 1, indicando que a nebulização no galpão aumentou a variabilidade espacial dos atributos microclimáticos.

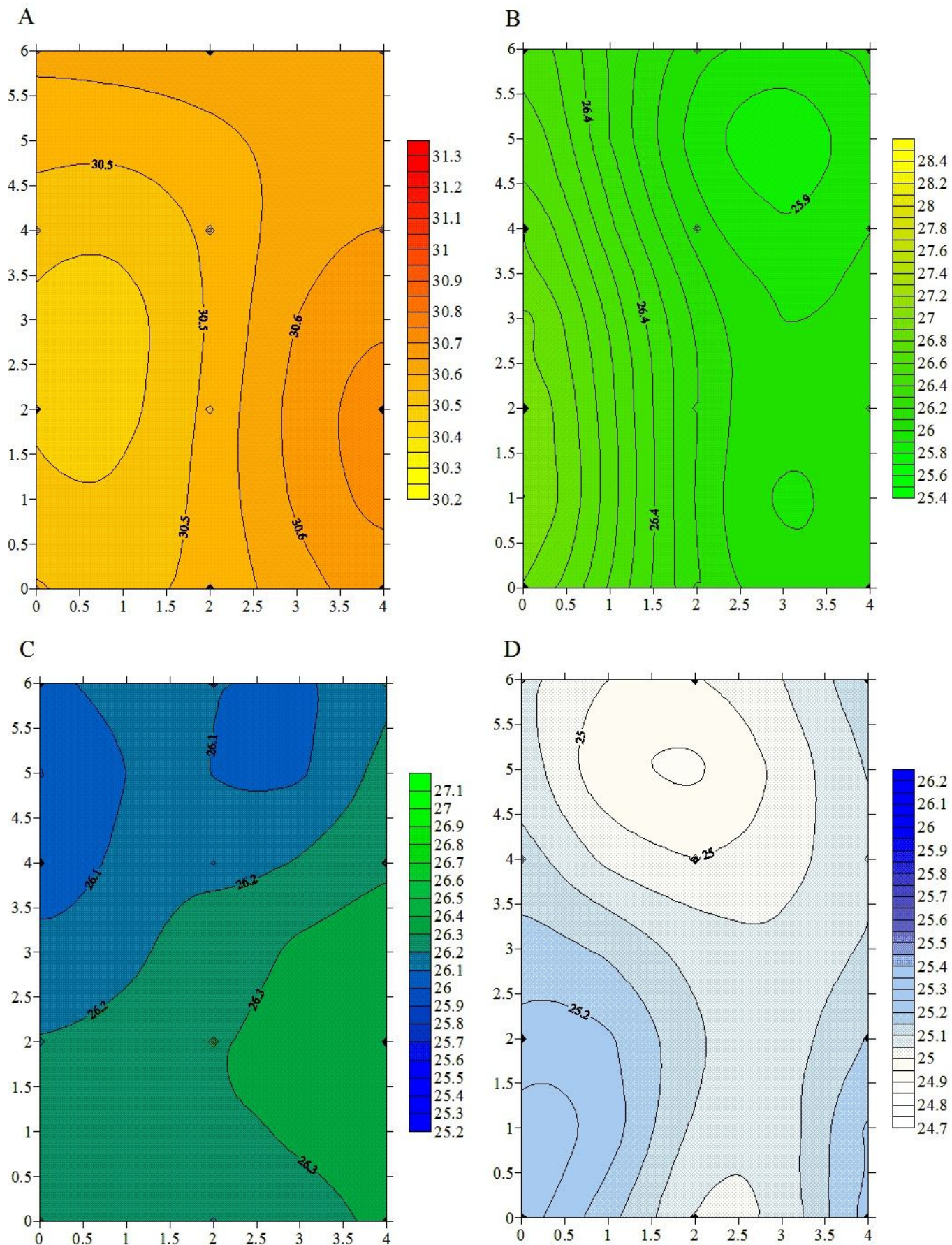
A Figura 3 ilustra a espacialização da temperatura registrada na instalação em todos os tempos de exposição ao SRAE. Observa-se que a temperatura variou de 30,2 a 31,3 °C, amplitude de 1,1 °C (Figura 3A); 25,4 a 28,4 °C, amplitude de 3 °C (Figura 3B); 25,2 a 27,1 °C, amplitude de 1,9 °C (Figura 3C) e 24,3 a 26,2 °C, amplitude de 1,9 °C (Figura 3D) para o controle, 20, 30 e 40 min, respectivamente.

Antes da climatização a temperatura se manteve em toda a área da sala de pré-ordemha acima da zona de conforto térmico,



**Figura 2.** Semivariogramas experimentais da variável temperatura do ar nos diferentes tempos de exposição ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE)





**Figura 3.** Mapas de krigagem para variável temperatura (°C) para 0 (A), 20 (B), 30 (C) e 40 min (D) de climatização na pré-ordenha equipada com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) automatizado

**Tabela 2.** Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as médias de temperatura (°C)

Climatização (min)	Modelo	Parâmetros dos semivariogramas			$C_0/(C_0 + C_1)$ (%)	Validação cruzada		$r^2$
		Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)		Média	Desvio padrão	
Controle (0)	Esférico	0,01	0,08	3,75	11	-0,13	0,89	0,97
20	Esférico	0,02	0,25	2,63	7	-0,35	0,69	0,44
30	Esférico	0,03	0,13	2,01	20	-0,09	0,80	0,75
40	Esférico	0,02	0,14	2,26	13	-0,08	0,88	0,54

$C_0$  = Efeito pepita,  $(C_0 + C_1)$  = patamar,  $C_0/(C_0 + C_1)$  = efeito pepita em relação ao patamar.  $C_0 / C_0 + C_1 \leq 25\%$  = forte dependência espacial;  $25\% < C_0 / C_0 + C_1 \leq 75\%$  = moderada dependência espacial;  $75\% < C_0 / C_0 + C_1 < 100\%$  = fraca dependência espacial;  $C_0 / C_0 + C_1 = 100\%$  = variável independente espacialmente (efeito pepita puro)

com temperatura do ar superior a 26 °C, considerada, por Perissinotto & Moura (2007), adequada para o conforto térmico de vacas em lactação. Apesar dos tratamentos 20 e 30 min apresentarem médias de temperatura superiores a 26 °C (Tabela 1), em determinadas áreas da instalação em que o SRAE se tornou mais eficiente pelo fato de sofrer menor influência do ambiente externo, a temperatura atingiu valores adequados para o conforto de vacas em lactação, ficando abaixo de 26 °C porém só após 40 min de exposição ao sistema foi que a temperatura média ambiente ficou abaixo de 26 °C (25,09 °C), o que favoreceu o conforto térmico para os animais na instalação (Tabela 1).

Verifica-se, na Figura 3D, boa homogeneização da temperatura em toda a área da sala de pré-ordenha, mantendo a temperatura abaixo da crítica superior (25,09 °C). O tempo de climatização de 40 min inibiu influências do ambiente externo à instalação, o que garantiu melhor acondicionamento térmico nesta condição. Almeida et al. (2010) obtiveram, estudando climatização em curral de espera, temperatura média ambiente de 24,3 °C após 30 min de climatização, confirmando que o tempo de exposição recomendado para que a temperatura se adeque às exigências do animal, depende da condição climática do local.

Os resultados da análise geoestatística mostraram que a variável temperatura do ar apresentou forte dependência espacial nos diferentes tempos de climatização (Tabela 2), ressaltando a razão do efeito pepita em relação ao patamar ( $C_0/(C_0 + C_1)$ ) de 11; 7; 20 e 13% para o controle, 20, 30 e 40 min, respectivamente. Faria et al. (2008) encontraram valores de 12 e 1% para relação  $C_0/(C_0 + C_1)$  em galpão sem e com climatização, respectivamente. A análise dos semivariogramas para a variável temperatura do ar não indicou direção preferencial, alguma, ou seja, como afirma Vieira (2000), neste caso os dados não possuem anisotropia, a variabilidade espacial dos dados ocorre da mesma maneira em todas as direções. Miles et al. (2008) encontraram, estudando a variabilidade temporal e a variabilidade espacial de compostos de nitrogênio e variáveis climáticas em um galpão de frango de corte, dependência espacial para as variáveis climáticas.

Todos os semivariogramas para os diferentes tempos de exposição ao SRAE se ajustaram ao modelo esférico (Tabela 2). Mencionados resultados estão de acordo com Faria et al. (2008) que, estudando temperatura do ar em free-stall com ventilação forçada associada a sistema de nebulização, obtiveram semivariograma melhor ajustado ao modelo esférico. Referidos modelos são considerados transitivos (Isaaks & Srivastava, 1989), pois possuem patamar, ou seja, a partir de determinado valor da distância entre amostras, não existe mais dependência espacial sendo que resultados semelhantes foram observados por Miles et al. (2008).

O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros, o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar facilitando, assim, a comparação do grau de dependência espacial da variável em estudo (Trangmar et al., 1985).

Portanto, a relação  $C_0/(C_0 + C_1)$  aponta que a variável temperatura apresentou forte grau de dependência espacial em todas as condições de climatização (Tabela 2). A variável temperatura para o controle (0 min) apresentou maior alcance de dependência espacial que nos demais tempos de exposição ao SRAE (20, 30 e 40 min); no entanto, para 30 min de climatização o alcance foi inferior àqueles obtidos em 20 e 40 min, com aumento da variabilidade espacial, o que indica menor continuidade na distribuição espacial da temperatura do ar para 30 min em relação aos demais tempos de climatização (Tabela 2).

## CONCLUSÕES

1. O uso da geoestatística possibilitou definir áreas com diferentes variabilidades espaciais para a variável temperatura, identificando áreas específicas na sala de pré-ordenha onde a temperatura estava acima do recomendado para o conforto térmico animal.
2. A exposição do ambiente a climatização por 40 min possibilitou melhor acondicionamento térmico ambiental, o que garantiu condição de conforto aos animais na pré-ordenha.
3. A climatização por 20 e 30 min de exposição ao SRAE apresentou valores de temperatura que permaneceram fora da condição de conforto térmico; portanto, o acondicionamento da sala de pré-ordenha não apresentou pleno conforto aos animais.

## LITERATURA CITADA

- Almeida, G. L. P.; Pandorfi, H.; Guiselini, C.; Almeida, G. A. P.; Morrill, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.1337-1344, 2010.
- Avendano, R. L.; Alvarez, V. F. D.; Correa, C. A.; Saucedo, Q. J. S.; Robinson, P. H.; Fadel, J. G. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. *Livestock Production Science*, v.105, p.198-206, 2006.

- Borges, G.; Miranda, K. O. S.; Rodrigues, V. C.; Risi, N. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos, *Engenharia Agrícola*, v.30, p.377-385, 2010.
- Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turvo, R. F.; Konopa, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.1501-1511, 1994.
- Dikmen, S.; Hansen, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, v.92, p.109-116, 2009.
- Faria, F. F.; Moura, D. J.; Souza, Z. M.; Matarazzo, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. *Ciência Rural*, v.38, p.2498-2505, 2008.
- Isaaks, E. H.; Srivastava, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University, 1989. 561p.
- Little, T. M.; Hills, F. J. Agricultural experimentation. New York: John Wiley & Sons, 1978. 350p.
- Matarazzo, S. V.; Silva, I. J. O.; Perissinoto, M.; Fernandes, S. A. A.; Arcaro Júnior, I.; Arcaro, J. R. P. Eficiência de sistemas de climatização na área de descanso em instalação do tipo freestall e sua influência nas respostas produtivas e fisiológicas de vacas em lactação. *Boletim de Indústria Animal*, v.64, p.221-232, 2007.
- Miles, D. M.; Rowe, D. E.; Owens, P. R. Winter broiler litter gases and nitrogen compounds: Temporal and spatial trends. *Atmospheric Environment*, v.42, p.3351-3363, 2008.
- Miragliotta, M. Y.; Nääs, I. A.; Manzione, R. L.; Nascimento, F. F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation, *Scientia Agrícola*, v.63, p.426-432, 2006.
- Perissinotto, M.; Moura, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.1, p.117-126, 2007.
- Perissinotto, M.; Moura, D. J.; Matarazzo, S. V.; Silva, I. J. O.; Lima, K. A. O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.663-671, 2006.
- Trangmar, B. B.; Yost, R. S.; Uehara, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, v.38, p.45-94, 1985.
- Vianello, R. L.; Alves, A. R. Meteorologia básica e aplicada. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 583p.
- Vieira, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V.; Schaefer, C. E. G. R. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-53.
- Warrick, A. W.; Nielsen, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed.). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.