

DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO ÚBERE DE VACAS DE LEITE COM MASTITE

SILVA, RAB¹, MONTENEGRO, AAA.², PANDORFI, H.³, ALMEIDA, GLS.⁴

¹PPG em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife, PE, FONE: (81) 995198500, rodesangel@gmail.com

²Eng. Civil, Prof. Titular, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife, PE.

³Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), UFRPE, Recife/PE

⁴Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola/UFRPE, Recife, PE

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: . A pecuária leiteira é uma atividade de grande importância para o agronegócio brasileiro. Porém, há alguns entraves como a mastite, que é a inflamação da glândula mamária decorrente de infecção bacteriana. Buscou-se com esse estudo avaliar a termografia por infravermelho como ferramenta diagnóstica para mastite e o padrão da variabilidade espacial da temperatura da superfície do úbere por meio da geoestatística. Observou-se que os quartos classificados como positivos para mastite apresentaram temperatura da superfície do úbere entre $33,2^{\circ}\text{C} \pm 0,67$ e $34,64^{\circ}\text{C} \pm 1,07$ e, os quartos negativos valores entre $29,3^{\circ}\text{C} \pm 1,78$ e $32,24^{\circ}\text{C} \pm 0,62$. A variabilidade espacial da temperatura da superfície do úbere mostrou dependência espacial e os modelos que melhor se ajustaram foram o gaussiano, o exponencial e o esférico, com forte grau de dependência. Os alcances dos semivariogramas para os animais com mastite foram maiores do que para os animais saudáveis. A termografia por infravermelho mostrou-se como importante ferramenta para a avaliação da temperatura da superfície do úbere de bovinos de leite e o seu padrão de variabilidade. A escala adotada para análise do padrão das imagens térmicas identificou com sucesso a dependência espacial da temperatura, o que contribui para a modernização e eficiência nos procedimentos de diagnóstico da mastite.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, mastite subclínica, termografia

SPACE DEPENDENCE OF SURFACE TEMPERATURE OF THE UBERE OF MILK COWS WITH MASTITIS

ABSTRACT: Dairy farming is an activity of great importance for Brazilian agribusiness. However, there are some barriers such as mastitis, which is the inflammation of the mammary gland due to bacterial infection. The aim of this study was to evaluate infrared thermography as a diagnostic tool for mastitis and the pattern of spatial variability of udder surface temperature by means of geostatistics. It was observed that the rooms classified as positive for mastitis showed udder surface temperature between 33.2 ± 0.67 and 34.64 ± 1.07 , and the negative quarters values between 29.3 ± 1.78 and 32.3 ± 0.62 . The spatial variability of the surface temperature of the udder showed spatial dependence and the models that fit best were the gaussian, the exponential and the spherical, with a high degree of dependence. The ranges of semivariograms for animals with mastitis were higher than for healthy animals. Infrared thermography proved to be an important tool for evaluating the temperature of the udder surface of milk cattle and its pattern of variability. The scale used to analyze the thermal image pattern successfully identified the spatial dependence of temperature, which contributes to the modernization and efficiency in the diagnostic procedures of mastitis.

KEYWORDS: geostatistics, subclinical mastitis, thermography

INTRODUÇÃO: A produção leiteira é uma atividade de suma importância para o agronegócio brasileiro, sendo responsável pela disponibilidade de um produto de alto valor nutricional para população. No entanto, a eficiência produtiva encontra alguns entraves como a mastite, que é a inflamação da glândula mamária ocasionada por patógenos contagiosos ou ambientais. A mastite ou mamite bovina é um processo inflamatório da glândula mamária decorrente de infecção bacteriana e, basicamente, pode apresentar-se de duas formas: clínica e subclínica.

Dentre alguns estudos que avaliaram a variação de temperatura no úbere de vacas em período de lactação pode-se destacar Digiovani et al (2016) que estudaram a aplicação da termografia por infravermelho como ferramenta de diagnóstico para a detecção de mastite subclínica e encontraram diferenças entre a temperaturas do úbere saudável e com mastite. Polat et al. (2010) estudaram a aplicação da termografia por infravermelho com o objetivo de utilizá-la para aumentar a eficiência do diagnóstico da mastite. Gloster et al. (2011) e Redaelli et al. (2013) utilizaram a termografia por infravermelho como um método de prevenção de doenças, identificando a elevação da temperatura antes do aparecimento dos primeiros sinais clínicos, atuando como um sinal de alerta para a observação do animal.

Nesse contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar a termografia por infravermelho como ferramenta diagnóstica para mastite e o padrão da variabilidade espacial da temperatura da superfície do úbere por meio da geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma propriedade comercial de produção de leite, Fazenda Roçadinho, no município de Capoeiras localizado na Mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca, estado de Pernambuco. O local situa-se na latitude de 8° 36' 33" S, longitude de 36° 37' 30" W e altitude de 733 m. A precipitação pluviométrica média da região é de 588 mm por ano, com temperatura média anual de 22,1 °C De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Bsh, semiárido (BARROS, 1998).

A seleção dos animais do estudo contou com vacas Girolando de mesma ordem de parto, estágio de lactação, idade, peso, escore corporal, produção, grau sanguíneo, sendo, então, monitoradas para obtenção de imagens térmicas do úbere. Foram analisadas imagens de 3 animais classificados com mastite subclínica pelo teste CMT totalizando 9 imagens obtidas a partir de uma câmera térmica por infravermelho (FLIR E60), resolução de 0,01°C a 1,0 m de distância do animal e emissividade ajustada para 0,97, conforme utilizado por Digiovani et al (2016).

As imagens do úbere dos animais foram registradas antes da primeira ordenha do dia, entre as 5 e 7h00min. Assim, foram obtidas imagens térmicas por infravermelho (TI) da superfície do úbere, concomitante a realização do California Mastitis Test (CMT) de cada quarto do úbere, para a classificação dos animais saudáveis e àqueles com mastite subclínica.

A temperatura do ar, da condição de entorno e a umidade relativa do ar no momento do registro das imagens foram obtidas por um datalogger modelo HOBO U12-12. As imagens foram posteriormente ajustadas por meio do programa computacional Flir QuickReport®.

Para estudo da temperatura superficial do úbere realizou-se análise estatística descritiva dos dados, com avaliação das medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação), além de verificar a aderência à distribuição normal, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância pelo software STATISTICA®, versão 13.2.

A análise geoestatística foi realizada por meio de ajustes de semivariogramas. A ferramenta utilizada para análise geoestatística foi o GS+ 7.0 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004), A escolha dos melhores modelos de semivariogramas foi feita com base no critério de Jack-Knifing (VAUCLIN et al., 1983). Para determinar o grau de dependência espacial da temperatura da superfície, foi utilizado a classificação de Cambardella et al (1994). A validação dos semivariogramas foi realizada por meio do software GEOEAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Temperatura Superficial do úbere (°C)

Subclínicas

1

2

3

Parâmetros Descritivos	Quartos mamários				Quartos mamários				Quartos mamários			
	PE	PD	AD	AE	PE	PD	AD	AE	PE	PD	AD	AE
Média	30.9	31.4	29.3	33.2	32.2	31.5	29.8	34.6	33.8	33.3	30.3	29.6
Mediana	31.32	31.97	29.16	33.43	32.25	32.12	29.82	34.95	33.83	33.83	29.95	29.95
Desvio Padrão	1.20	1.78	1.78	0.67	0.62	1.44	0.95	1.07	0.68	0.32	0.92	0.76
Variância	1.45	3.19	7.51	0.45	0.38	2.08	0.90	1.14	0.46	0.10	0.86	0.58
CV(%)	3.89	5.68	9.35	2.02	1.91	4.57	3.19	3.09	2.00	0.95	3.06	2.57
Curtose	-0.48	-0.25	-1.07	0.25	-0.61	-0.99	-0.21	-0.58	-0.07	-0.50	-1.32	-1.02
1º Quartil	30.10	30.27	30.27	32.73	31.83	30.39	29.09	34.03	33.44	33.17	29.54	28.95
3º Quartil	31.88	32.76	31.47	33.73	32.65	32.86	30.34	35.49	34.43	33.59	31.21	30.26
Normalidade	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

PE – Posterior esquerdo; PD – Posterior Direito; AD – Anterior Direito; AE – Anterior Esquerdo
Tabela 1: Estatística descritiva para temperatura superficial do úbere de vacas com mastite subclínica.

Pode-se observar através dos valores da média, que os quartos mamários classificados como positivos para mastite subclínica, após o teste CMT, apresentaram valores de temperatura de $33,2^{\circ}\text{C} \pm 0,67$, $34,64^{\circ}\text{C} \pm 1,07$, $33,85^{\circ}\text{C} \pm 0,68$ e $33,36^{\circ}\text{C} \pm 0,32$ respectivamente. Os quartos mamários negativos apresentaram temperaturas que variaram entre $29,3^{\circ}\text{C} \pm 1,78$ e $32,24^{\circ}\text{C} \pm 0,62$ (Tabela 1). De acordo com Polat et al (2010) quartos com mastite subclínica tiveram uma temperatura superficial maior $2,35^{\circ}\text{C}$ do que quartos saudáveis. No entanto, os valores encontrados foram de $35,80^{\circ}\text{C}$ para quartos com mastite e $33,45^{\circ}\text{C}$ para quartos saudáveis, divergindo dos valores encontrados neste trabalho. Bortolani et. al (2015) encontraram temperaturas inferiores as de Polat (2010) para mastite subclínica. A temperatura dos quartos com mastite subclínica foi em média mais homogêneo, em que se verificaram valores de coeficiente de variação indicando baixa variabilidade para os quartos AE-1, PE-2, PE-3 e PD-3.

A variabilidade da temperatura superficial do úbere cujos quartos são saudáveis foi baixa pois apresentaram coeficiente de variação entre 9,35% e 1,91%. Segundo Warrick (1998) é considerado como sendo de baixa variabilidade $\text{CV} < 15\%$.

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).. Assim, foi possível realizar as análises geoestatísticas com o conjunto de dados.

A análise da variabilidade espacial das temperaturas com os resultados dos parâmetros de variabilidade para os 102 pontos referentes aos quartos mamários com mastite seguem na tabela 3. Os modelos que melhor se ajustaram foi o exponencial, o esférico e o gaussiano seguindo o critério de Jack-Knifing para validação do semivariograma teórico. De acordo com a classificação de Cambardella et al (1994), o grau de dependência espacial foi forte para todos os quartos mamários. As temperaturas apresentaram diferentes alcances de dependência espacial. Observou-se os maiores valores para os quartos PD-1 e PD-3. A função do alcance é estabelecer o limite entre a dependência das variáveis, servindo como indicativo para estabelecer a proximidade e o afastamento entre elas Pontos coletados em distâncias maiores que o limite do alcance são considerados como independentes (Vieira, 2000).

Temperatura Superficial do úbere ($^{\circ}\text{C}$)												
Subclínicas												
Parâmetros Geoestatísticos	1				2				3			
	Quartos mamários				Quartos mamários				Quartos mamários			
	PE	PD	AD	AE	PE	PD	AD	AE	PE	PD	AD	AE
Efeito pepita (C0)	0,001	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Patamar (C0+C1)	1,77	4,15	9,3	0,52	0,44	2,53	1,13	1,41	0,24	0,87	1,03	0,72
Alcance (a)	8,45	9,05	7,58	8,18	8,73	8,66	8,57	7,55	8,21	8,68	8,7	8,55
C0/C0+C1	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte
Modelo	GAU.	GAU.	GAU.	ESF.	ESF.	ESF.	ESF.	GAU.	EXP.	ESF.	ESF.	ESF.
R2	0,8	0,78	0,85	0,79	0,90	0,75	0,84	0,75	0,9	0,77	0,81	0,74
Validação Cruzada												
Média dos erros	0,004	-0,015	-0,003	0,00	-0,003	0,00	0,00	-0,00	0,011	0,03	-0,01	0,00
Desv. Padrão	1,00	1,06	1,02	1,11	0,95	1,25	1,05	1,02	1,07	1,23	1,06	1,25

PE – Posterior esquerdo; PD – Posterior Direito; AD – Anterior Direito; AE – Anterior Esquerdo
Tabela 2. Modelos e parâmetros dos semivariogramas da temperatura superficial do úbere de vacas com mastite

CONCLUSÕES: A análise da temperatura do úbere por meio da câmera termográfica é recomendada para avaliar a variabilidade espacial utilizando as técnicas geoestatísticas.

REFERÊNCIAS:

- BORTOLAMI, A.; FIORE, E; GIANESELLA, M.; CORRO, M.; CATANIA, S.; MORGANTE, M. Evaluation of the udder health status in subclinical mastitis affected dairy cows through bacteriological culture, somatic cell count and thermographic imaging. *Polish Journal of Veterinary Sciences* Vol. 18, No. 4 (2015), 799–805.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, D.L.; KARLEN, R.F.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E.; Field Scale Variability of soil properties in central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 58, September-October, 1994.
- DIGIOVANI, D.B.; BORGES, M.H.F.; GALDIOLI, V.H.G.; MATIAS, B.F.; BERNARDO, G.M.; SILVA, T.R.; FÁVARO, P.C.; JÚNIOR, F.A.B.; LOPES, F.G.; JÚNIOR, C.K.; RIBEIRO, E.L.A.; Infrared thermography as diagnostic tool for bovine subclinical mastitis detection. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade animal* (v.10 n.4) p.685-692 out-dez (2016).
- GAMMA DESIGN SOFTWARE. GS+ - Geostatistics for the Environmental Sciences. Version 7.0. Michigan: 2004. 1 CD-ROM.
- GLOSTER, J.; EBERT, K.; GUBBINS, S. et al., Normal variation in thermal radiated temperature in cattle: implications for foot-and-mouth disease detection. *BMC Veterinary Research*, v.7, p.1746-6148, 2011.
- POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L.E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows *J. Dairy Sci.* 93 :3525–3532 doi: 10.3168/jds.2009-2807 © American Dairy Science Association®, 2010 .
- REDAELLI, V.; BERGERO, D.; ZUCCA, E. et al., Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications. *Journal of Equine Veterinary Science*, p.1-6, 2013
- VAUCLIN, M. et al. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.47, n.1, p.175-184, 1983.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). *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. *Environmental soil physics*. New York: Academic, 1998. p.655-675.