

Utilização da termografia de infravermelho para avaliação de fatores climáticos e sua influência na reprodução e lactação em gado de leite

Use of infrared thermography to evaluate the influence of the of Climatic Factors in the Reproduction and Lactation of Dairy Cattle

Marcelo George Mungai Chacur¹, Guilherme Pepino Bastos¹, Douglas Sanches Vivian¹,
Leandro da Silva¹, Luana Nayara de Freitas Chiari¹, Juliana de Souza Araujo¹,
Camila Dutra de Souza¹ & Luis Roberto Almeida Gabriel Filho²

ABSTRACT

Background: The digital infrared imaging thermography is a non-invasive imaging exam of easy performance accurately to measure temperatures of the areas of the animals body. The objective was to study the physiological variations of the surface temperature of the mammary gland, vulva, pelvis, thorax and abdomen with digital infrared imaging thermography in negative dairy cattle with California mastitis test (CMT) in different seasons, and the influence of climatic factors in these temperatures.

Materials, Methods & Results: Eighteen Holstein cows, pregnant and non pregnant were used, negative for the California Mastitis Test, grazing on *Urochloa decumbens* pasture, receiving 2 kg of corn / animal / day, mineral mix and *ad libitum* water. Infrared thermography was performed every 30 days, for five months: January, February, March, April and May with thermographic camera (E40[®], FLIR, Sweden) in the areas of the body: vulva, mammary gland, pelvis, abdomen and thorax. The thermal images (thermograms) were processed using the Flir Tools 2.1[®] program. The climatic factors: room temperature and relative humidity were monitored with globe thermometer (ITitwtg 2000[®], Instrutemp, Brazil). Data were analyzed by analysis of variance and the average compared by Tukey test, with level of significance was set at ($P < 0.05$). For room temperature data, relative humidity, rectal temperature and for the areas of the body we used Pearson correlation ($P < 0.05$). For climatic factors, among the samples, room temperature and relative humidity, there was a significant difference ($P < 0.05$). To the skin surface temperatures of the body areas examined: vulva, pelvis, ischium, abdomen, thorax and mammary gland, among the samples, there were differences ($P < 0.05$) with lower temperatures of the areas in March and May samples, compared to the months of January, February and April. The average temperatures of the surfaces of the examined areas vary for the vulva between 33°C and 38°C; ischium, pelvis and abdomen between 30°C and 37°C; teats between 28°C and 37°C; Cistern of mammary quarter between 32°C and 38°C; and thorax from 31°C to 37°C. There were significant correlations between: rectal temperature x room temperature ($r = 0.49$; $P < 0.01$); Rectal temperature x relative humidity ($r = -0.37$; $P < 0.01$). To the surface temperatures of all areas of the body examined, there were significant correlations with the room temperature between ($r = 0.73$ and $r = 0.85$; $P < 0.01$); and between ($r = -0.57$ and $r = -0.75$; $P < 0.05$) for the relative humidity.

Discussion: The animals showed no behavioral change during the thermography examination. In dairy cattle it is recommended the use of infrared thermography as a routine test to measure the temperatures of the areas of the body. Climatic factors, room temperature and relative humidity influence the rectal temperatures and the body surfaces of the cows. The areas of the body examined by infrared thermography showed different temperatures, in the same data collection, showing physiological temperature variations that assist in the clinical evaluation of each of the areas examined. The thermographic images were saved and processed easily, quickly and in a practical way, recommending the use of thermal imaging by infrared for routine as imaging test complementary to the clinical examination of the mammary gland and of the body areas in dairy cattle.

Keywords: dairy cattle, thermogram, mammary gland, body temperature.

Descritores: gado de leite, termograma, glândula mamária, temperatura corpórea.

Received: 6 April 2016

Accepted: 18 October 2016

Published: 15 November 2016

¹Laboratório de Reprodução Animal, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, Brazil. ²Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Tupã, SP. CORRESPONDENCE: M.G.M. Chacur [chacur@unoeste.br - Tel: +55 (18) 3229-2077]. Laboratório de Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Campus II. Rodovia Raposo Tavares, km 572. CEP 19067-175 Presidente Prudente, SP, Brazil.

INTRODUÇÃO

A termografia de infravermelho não é um exame invasivo, com acurácia para mensurar a temperatura da superfície da pele [1,16,18,20,23,24], usada no auxílio diagnóstico em rebanhos [19]. A radiação térmica emitida pelo animal está relacionada com a perfusão sanguínea e a taxa de metabolismo, sendo captada pela câmera termográfica [19,20]. O exame de infravermelho detecta mudanças da temperatura da área examinada, registrado em termogramas [13,17,18,20].

Em vacas, estudos relataram as temperaturas da vulva [8,27,28], glândula mamária [7,13,14,18], tetos [23], abdômen [3,5,7,8,17] e tórax [3,5,6,8]. Necessita-se padronizar as variações fisiológicas de temperaturas das áreas do corpo dos animais de produção [13,17,18,24]. Fatores climáticos influenciam no conforto térmico e produção de leite, conforto esse monitorado por infravermelho nas áreas de criação [20,29].

Justifica-se este estudo devido ao pequeno número de publicações usando infravermelho em vacas no clima tropical. Objetivou-se estudar as variações fisiológicas da temperatura da superfície da glândula mamária, vulva, pelve, ísquio, tórax e abdômen com termografia digital por infravermelho em vacas de leite negativas ao *California Mastitis Test*, em diferentes épocas do ano, e a influência de fatores climáticos nessas temperaturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais, delineamento experimental e colheita de dados

O experimento foi realizado em uma propriedade rural pertencente ao município de Ribeirão dos Índios, SP com latitude de 21°46'20,7"S, longitude de 51°36'9,5"W e altitude de 386 m, localizado em uma área de clima tropical.

Foram utilizadas 18 vacas multíparas da raça Holandesa Preto e Branca, em lactação e negativas ao *California Mastitis Test* (CMT), prenhas e não prenhas, mantidas em pastagem de *Urochloa decumbens*, recebendo mistura mineral, 2 kg de ração / animal / dia, silagem de milho e água à vontade. O experimento foi realizado entre os meses de janeiro a maio, com coleta de dados a cada 30 dias, totalizando cinco coletas, efetuadas entre 7 h e 9 h.

Termografia digital de infravermelho em áreas do corpo

Foram realizadas termografias digitais por infravermelho com câmera termográfica¹ das áreas lateral direita e caudal da glândula mamária, segundo

Talukder *et al.* [28], área caudal da vulva e região dos ísquios, conforme Metzner *et al.* [13]. Área lateral direita do tórax, área lateral direita da pelve, 1/3 médio do abdômen e 1/3 ventral do abdômen.

Antes da realização da termografia a região da vulva foi higienizada com toalha de papel seca para a remoção da matéria fecal e a cauda deslocada lateralmente. Imediatamente após as termografias de cada vaca, foi aferida a temperatura retal com termômetro clínico digital.

O foco emissor da câmera termográfica¹ foi direcionado perpendicularmente às regiões anatômicas examinadas, a 1 m de distância das mesmas. As imagens termográficas (termogramas) foram processadas pelo programa computacional (Flir Tools 2.1[®]-E40)¹, fazendo uso de polígonos para mensurar as temperaturas de áreas desejadas.

As variáveis relacionadas ao clima *wet bulb globe temperature* (WBGT), temperatura do globo negro (TG), temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) foram mensuradas com globo termômetro digital portátil (ITitwtg 2000[®])² durante a duração de cada uma das cinco colheitas.

Análise estatística

Para os dados das temperaturas das áreas do corpo, realizou-se análise de variância e Tukey a 5%. Para as correlações entre a temperatura ambiente e umidade do ar com as temperaturas retal e das áreas do corpo foi utilizada a correlação de Pearson a 5%.

RESULTADOS

Com relação às variáveis do clima durante os momentos das colheitas, as médias e os coeficientes de variação são apresentados na Tabela 1. Houve diferenças ($P < 0,05$) entre colheitas para as variáveis do clima.

As imagens termográficas (termogramas) das áreas do corpo examinadas foram claras em relação à acurácia da termografia na avaliação da temperatura da superfície da pele. A termografia propiciou, por meio do programa informatizado, analisar as imagens em áreas ou pontos, conforme a necessidade de interpretação de cada região (Figura 1).

Para as temperaturas da superfície da pele das cisternas das glândulas mamária, mensuradas por meio da termografia digital por infravermelho, nos momentos das colheitas, houve diferença ($P < 0,05$) para as colheitas de março e maio, em relação às médias de temperaturas superiores das colheitas de janeiro, fevereiro e abril (Tabela 2).

Tabela 1. Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) dos fatores climáticos *wet bulb globe temperature* (WBGT), temperatura ambiente, temperatura do globo e umidade relativa do ar mensurados com globo termômetro nos momentos das colheitas.

Fator climático	colheita	Média ± desvio padrão	CV (%)
<i>wet bulb globe temperature</i> (WBGT) (C°)	Janeiro	24,68 ± 1,05 A	4,3
	Fevereiro	24,56 ± 1,61 A	6,5
	Março	21,76 ± 2,91 B	13,4
	Abril	25,86 ± 0,70 A	2,7
	Maió	12,85 ± 0,45 C	3,5
Temperatura ambiente (C°)	Janeiro	30,23 ± 1,51 A	5
	Fevereiro	27,83 ± 3,31 B	11,9
	Março	23,85 ± 4,06 C	17
	Abril	29,98 ± 1,05 AB	3,5
	Maió	14,75 ± 0,45 D	3,1
Temperatura do globo (°C)	Janeiro	30,84 ± 2,01 A	6,5
	Fevereiro	28,28 ± 3,76 B	13,3
	Março	24,07 ± 4,21 C	17,5
	Abril	30,25 ± 0,45 AB	1,5
	Maió	15,03 ± 0,30 D	2
Umidade relativa do ar (%)	Janeiro	49,99 ± 3,86 C	7,7
	Fevereiro	67,32 ± 13,69 B	20,3
	Março	78,02 ± 9,13 A	11,7
	Abril	64,08 ± 2,81 B	4,4
	Maió	70,51 ± 1,56 B	2,2

Letras maiúsculas (A,B,C) diferentes nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Tabela 2. Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) para as temperaturas mensuradas por meio de termografia digital por infravermelho para as temperaturas retal, quartos mamários e cisternas da glândula mamária nos momentos das colheitas.

Área do corpo (°C)	colheita	Média ± desvio padrão	CV (%)
Temperatura retal	Janeiro	38,8 ± 0,72 B	1,9
	Fevereiro	38,86 ± 0,55 B	1,4
	Março	38,58 ± 0,61 B	1,6
	Abril	39,61 ± 0,87 A	2,2
	Maió	38,45 ± 0,29 B	0,8
cisternas dos quartos das glândulas mamárias	Janeiro	37,47 ± 1,34 A	3,6
	Fevereiro	37,56 ± 1,38 A	3,7
	Março	33,05 ± 3 B	9,1
	Abril	38,15 ± 1,35 A	3,5
	Maió	32,31 ± 1,48 B	4,6

Letras maiúsculas (A,B) diferentes nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$).

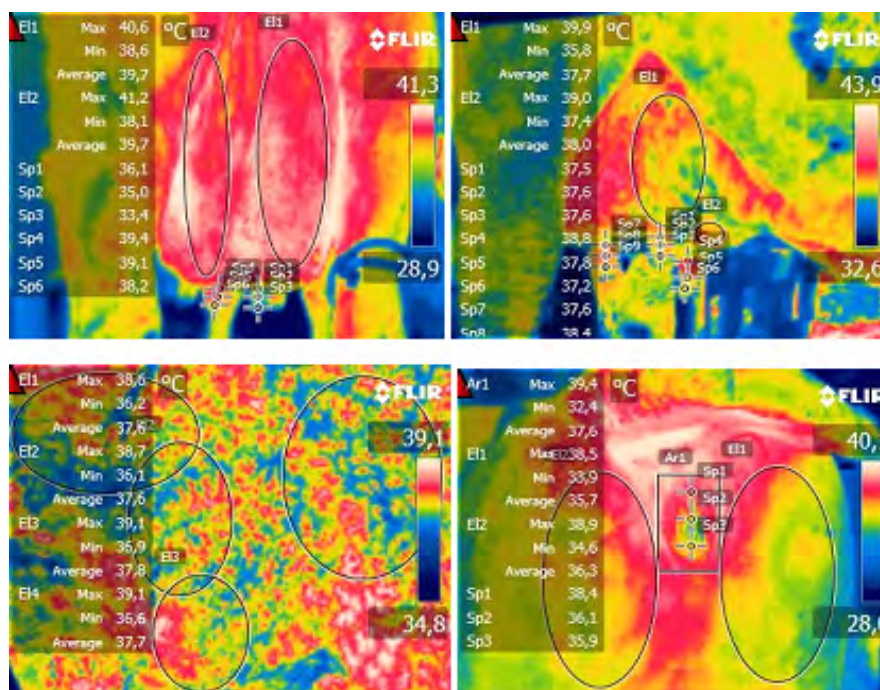


Figura 1. Termogramas com dados das temperaturas obtidos com o programa computacional nas áreas examinadas. A- área caudal dos quartos mamários (áreas demarcadas) e dos tetos: base, 1/3 médio e extremidade (pontos demarcados); B- lateral direita do quarto mamário anterior (área demarcada) e dos tetos anterior e posterior: base, 1/3 médio e extremidade (pontos demarcados); C- lateral direita da pelve, 1/3 médio do abdômen; 1/3 ventral do abdômen e tórax (áreas demarcadas); D- vulva (área demarcada), comissura dorsal da vulva, 1/3 médio da vulva, comissura ventral da vulva (pontos demarcados), ísquios direito e esquerdo (áreas demarcadas).

Verifica-se padrão similar para as temperaturas da pele nas cisternas das glândulas mamária para cada uma das cinco colheitas, independentemente das variações dos fatores climáticos WBGT, TG, temperatura ambiente e umidade relativa do ar. Fatores esses que influenciaram na temperatura da pele dessas regiões anatômicas examinadas.

Em relação às temperaturas da superfície da pele dos tetos (Tabela 3) houve uma semelhança entre cada uma das regiões anatômicas examinadas: base, 1/3 médio e extremidade, para as cinco colheitas. Observa-se um aumento da temperatura da extremidade do teto, em relação ao 1/3 médio e deste para a base do teto ocorrendo uma variação entre 27°C e 35°C, do 1/3 médio dos tetos entre 29°C e 36°C e da base dos tetos entre 30°C e 36°C. Houve diferenças ($P < 0,05$) para as temperaturas dos tetos, entre colheitas, onde as colheitas de janeiro, fevereiro e abril, diferiram das colheitas de março e maio para os quatro tetos avaliados.

Na glândula mamária, as maiores temperaturas foram das cisternas dos quartos e as menores dos tetos (Tabelas 2 e 3).

Para as temperaturas da superfície da pele da vulva e dos ísquios, entre colheitas, houve diferença ($P < 0,05$) para as colheitas janeiro, fevereiro e abril,

em relação às colheitas de março e maio. Houve similaridade de temperatura, entre colheitas, para cada uma das três regiões anatômicas da vulva com temperaturas mensuradas: comissura dorsal da vulva, 1/3 médio da vulva e comissura ventral da vulva (Tabela 4).

Com relação às médias das temperaturas da pele, abdômen e tórax, entre colheitas, as colheitas de janeiro, fevereiro e abril, diferiram ($P < 0,05$) das colheitas de março e maio (Tabela 5). As temperaturas médias das superfícies das áreas examinadas variaram para a vulva entre 33°C e 38°C; ísquio, pelve e abdômen entre 30°C e 37°C; tetos entre 28°C e 37°C; cisterna do quarto mamário entre 32°C e 38°C; e tórax entre 31°C a 37°C.

Houve correlações significativas entre: temperatura retal x temperatura ambiente ($r = 0,49$; $P < 0,01$); temperatura retal x umidade relativa do ar ($r = -0,37$; $P < 0,01$). Para as temperaturas da superfície de todas as áreas do corpo examinadas, houve correlações significativas com a temperatura ambiente entre ($r = 0,73$ e $r = 0,85$; $P < 0,01$); e entre ($r = -0,57$ e $r = -0,75$; $P < 0,01$) para a umidade relativa do ar (Tabela 6). Os termogramas das áreas do corpo examinadas mostram de forma clara as variações de temperatura mensuradas pela termografia digital de infravermelho (Figura 1).

Tabela 3. Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) para as temperaturas mensuradas por meio de termografia digital por infravermelho para as temperaturas dos tetos nos momentos das colheitas.

Área do corpo (°C)	colheita	Média ± desvio padrão	CV (%)
teto (base)	Janeiro	36,85 ± 1,50 A	4,1
	Fevereiro	36,55 ± 1,69 A	4,6
	Março	32,64 ± 3,69 B	11,3
	Abril	37,43 ± 1,47 A	3,9
	Maio	30,56 ± 2,61 B	8,5
teto (1/3 médio)	Janeiro	36,22 ± 1,54 A	4,2
	Fevereiro	35,93 ± 2,31 A	6,4
	Março	31,69 ± 5,26 B	16,6
	Abril	36,93 ± 1,50 A	4,1
	Maio	29,72 ± 3,20 B	10,8
teto (extremidade)	Janeiro	35,17 ± 1,61 A	4,6
	Fevereiro	34,8 ± 2,95 A	8,5
	Março	29,5 ± 5,40 B	18,3
	Abril	35,99 ± 1,76 A	4,9
	Maio	27,99 ± 3,60 B	12,9

Letras maiúsculas (A,B,C) diferentes nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Tabela 4. Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) para as temperaturas mensuradas por meio de termografia digital por infravermelho para as temperaturas da vulva e ísquios nos momentos das colheitas.

Área do corpo (°C)	colheita	Média ± desvio padrão	CV (%)
Vulva (área total)	Janeiro	37,64 ± 1,15 A	3,1
	Fevereiro	37,42 ± 1,37 A	3,7
	Março	33,12 ± 3,78 B	11,4
	Abril	38,36 ± 0,96 A	2,5
	Maio	33,00 ± 2,50 B	7,6
Comissura dorsal da vulva	Janeiro	36,70 ± 2,00 A	5,4
	Fevereiro	37,19 ± 1,88 A	5,1
	Março	33,03 ± 3,55 B	10,8
	Abril	38,43 ± 1,23 A	3,2
	Maio	33,29 ± 2,04 B	6,1
1/3 médio da vulva	Janeiro	36,28 ± 1,99 A	5,5
	Fevereiro	36,71 ± 2,05 A	5,6
	Março	32,01 ± 4,04 B	12,6
	Abril	37,84 ± 1,18 A	3,1
	Maio	32,57 ± 2,16 B	6,6
comissura ventral da vulva	Janeiro	35,17 ± 1,67 A	4,8
	Fevereiro	35,16 ± 2,20 A	6,3
	Março	29,93 ± 5,76 B	19,3
	Abril	36,67 ± 1,55 A	4,2
	Maio	31,31 ± 3,04 B	9,7
Ísquios	Janeiro	37,17 ± 1,19 A	3,2
	Fevereiro	36,65 ± 1,56 A	4,3
	Março	30,56 ± 5,83 B	19,1
	Abril	37,76 ± 1,13 A	3
	Maio	31,76 ± 1,25 B	3,9

Letras maiúsculas (A,B) diferentes nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Tabela 5. Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) para as temperaturas mensuradas por meio de termografia digital por infravermelho para as temperaturas da pelve, abdômen e tórax nos momentos das colheitas.

Área do corpo (°C)	colheita	Média ± Desvio Padrão	CV (%)
pelve	Janeiro	37,32 ± 1,70 A	4,5
	Fevereiro	36,74 ± 1,79 A	4,9
	Março	30,86 ± 5,22 B	16,9
	Abril	37,44 ± 1,19 A	3,2
	Maior	30,50 ± 1,27 B	4,2
abdômen (1/3 médio)	Janeiro	37,33 ± 1,49 A	4
	Fevereiro	36,84 ± 1,64 A	4,4
	Março	31,10 ± 5,05 B	16,2
	Abril	37,52 ± 1,05 A	2,8
	Maior	30,68 ± 1,31 B	4,3
abdômen (1/3 ventral)	Janeiro	37,31 ± 1,38 A	3,7
	Fevereiro	36,66 ± 1,79 A	4,9
	Março	30,96 ± 5,06 B	16,3
	Abril	37,42 ± 1,03 A	2,8
	Maior	30,50 ± 1,28 B	4,2
tórax	Janeiro	37,72 ± 1,36 A	3,6
	Fevereiro	37,01 ± 1,45 A	3,9
	Março	31,54 ± 5,19 B	16,4
	Abril	37,73 ± 0,93 A	2,5
	Maior	31,18 ± 1,14 B	3,7

Letras maiúsculas (A,B) diferentes nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Tabela 6. Correlações entre temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) com a temperatura retal e as temperaturas das áreas examinadas do corpo das vacas, mensuradas com termografia digital por infravermelho.

Temperatura	TA (r)	UR (r)	P
Retal	0,494	-0,376	<0,01
Cisterna do quarto anterior direito	0,858	-0,680	<0,01
Cisterna do quarto anterior esquerdo	0,826	-0,678	<0,01
Teto (base) anterior direito	0,843	-0,640	<0,01
Teto (1/3 médio) anterior direito	0,768	-0,606	<0,01
Teto (extremidade) anterior direito	0,769	-0,644	<0,01
Teto (base) anterior esquerdo	0,833	-0,572	<0,01
Teto (1/3 médio) anterior esquerdo	0,800	-0,597	<0,01
Teto (1/3 médio) posterior direito	0,813	-0,591	<0,01
Teto (extremidade) posterior direito	0,796	-0,627	<0,01
teto(base) posterior esquerdo	0,804	-0,627	<0,01
teto(1/3 médio) posterior esquerdo	0,798	-0,585	<0,01
teto(extremidade) posterior esquerdo	0,800	-0,614	<0,01
Cisterna do quarto posterior direito	0,831	-0,722	<0,01
Cisterna do quarto posterior esquerdo mamaria traseira esqu	0,799	-0,718	<0,01
Teto (base) posterior direito	0,856	-0,627	<0,01
Teto (1/3 médio) posterior direito	0,827	-0,657	<0,01
Teto (extremidade) posterior direito	0,818	-0,642	<0,01
Teto (base) posterior esquerdo	0,823	-0,684	<0,01
Teto (1/3 médio) posterior esquerdo	0,807	-0,717	<0,01
Teto (extremidade) posterior esquerdo	0,817	-0,623	<0,01
Vulva	0,772	-0,698	<0,01
Comissura dorsal da vulva	0,716	-0,636	<0,01
Vulva (1/3 médio)	0,712	-0,668	<0,01
Comissura ventral da vulva	0,622	-0,607	<0,01
Ísquio direito	0,732	-0,734	<0,01
Ísquio esquerdo	0,719	-0,721	<0,01
Pelve	0,822	-0,753	<0,01
Abdômen (1/3 médio)	0,825	-0,749	<0,01
Abdômen (1/3 ventral)	0,830	-0,752	<0,01
tórax	0,818	-0,747	<0,01

DISCUSSÃO

Deve ser destacada a facilidade de realização do exame termográfico nas diferentes regiões anatômicas, as vacas não apresentaram mudança de comportamento durante o exame, pois o mesmo não é invasivo nem causa incômodo ao animal. Em vacas de leite a mitigação do estresse causado por procedimentos veterinários deve ser considerada, tendo a termografia digital por infravermelho mostrado eficácia nesse sentido. Os termogramas do presente estudo mostram similaridade na qualidade das imagens obtidas, corroborando com publicações onde fizeram uso do mesmo exame de imagem não invasivo, relatando acurácia do mesmo [13,28].

No presente trabalho, as temperaturas retais médias foram de $38,8 \pm 0,72^{\circ}\text{C}$ em janeiro; $38,86 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$ em fevereiro; $38,58 \pm 0,61^{\circ}\text{C}$ em março; $39,61 \pm 0,87^{\circ}\text{C}$ em abril e de $38,45 \pm 0,29^{\circ}\text{C}$ em maio. Temperaturas essas similares às relatadas em outros trabalhos entre $37,8^{\circ}\text{C}$ e $39,4^{\circ}\text{C}$ [26]; e dentro da variação de temperatura retal para bovino com média de $39,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ [25], com similaridade também com as temperaturas retais médias descritas para bovinos criados na Austrália [8].

A temperatura da superfície dos corpos sofre influência do fluxo sanguíneo dos tecidos, do metabolismo e da evaporação pelo suor, ao mensurar a temperatura podem-se qualificar os estágios fisiológicos de saúde dos tecidos e as oscilações por fatores externos (temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ação do vento) [3,16]. A espessura e densidade da pele e a pelagem das diferentes raças bovinas, também devem ser considerados fatores que influenciam no estudo da imagem [10].

As reações metabólicas geram calor com elevação da temperatura retal, essa energia calórica chega à superfície da pele pela condução dos tecidos e pelo fluxo sanguíneo, porém ao atingir a epiderme a condução do calor se reduz e sofre a influência dos fatores climáticos, mas dependendo da região do corpo e de suas reações metabólicas a temperatura da pele pode variar de forma independente da temperatura retal [3,16,23].

Nas condições climáticas do experimento, verifica-se que a temperatura ambiente e a umidade do ar são dois fatores com influência marcante no mecanismo de termorregulação corpórea das vacas de leite. Os resultados do presente experimento são

similares aos descritos para a temperatura da superfície da glândula mamária de vacas saudáveis, mostrando a influência dos fatores climáticos temperatura ambiente e umidade relativa do ar na temperatura da pele da glândula mamária [7,13,27].

A diferença da temperatura retal em relação à temperatura da cisterna da glândula mamária variou entre $1,5^{\circ}\text{C}$ nos meses mais quentes de janeiro e fevereiro, até 6°C no mês de maio, o mais frio. Variação essa de temperatura similar à descrita por pesquisadores que mensuraram a temperatura da glândula mamária de vacas em ambientes fechados com mínimas e máximas de $11,1$ e $27,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente, e ao ar livre em temperaturas entre $7,7$ e $22,6^{\circ}\text{C}$, com temperaturas da glândula mamária entre 3 e 5°C inferiores à temperatura retal [4,9].

A diferença de temperatura entre as cisternas dos quartos mamários variou entre $0,4$ e $0,6^{\circ}\text{C}$, semelhante à diferença de temperatura de até $0,5^{\circ}\text{C}$ obtida por outra equipe de pesquisa [22].

Os exames de termografia do estudo foram feitos antes da ordenha das vacas, sendo as temperaturas mensuradas sem o efeito da ordenha. Kunc *et al.* [12] relataram que o simples processo de se aferir a temperatura da glândula mamária de vacas saudáveis, após a ordenha eleva em até 2°C a temperatura da glândula mamária, diferindo dos resultados onde não houve elevação da temperatura da glândula mamária após a realização da ordenha das vacas [18].

As relações entre a temperatura da glândula mamária mensuradas por termografia de infravermelho e a temperatura do ambiente foram estudadas, verificando que o aumento da temperatura da glândula teve influência negativa na produção de leite devido ao estresse calórico [6].

As médias das temperaturas da vulva variaram entre 33°C no mês de maio, até $38,3^{\circ}\text{C}$ no mês de abril, semelhante à faixa de temperatura com média de $35,0 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$ [27]; Hoffmann *et al.* [11] obtendo média de $37,2^{\circ}\text{C}$ e de $36,90 \pm 0,50^{\circ}\text{C}$ [24]. A despeito das diferenças das origens genéticas, da geografia e do clima, verifica-se padrão similar para as faixas de temperatura da vulva em vacas de leite.

Para as regiões da pelve, abdômen e tórax, as médias das temperaturas foram semelhantes às descritas por Zotti [30] com variações entre $31,32$ e $36,90^{\circ}\text{C}$ para a pelve; $32,28$ a $36,45^{\circ}\text{C}$ para o abdômen e de $33,08$ a $36,64^{\circ}\text{C}$ para a região do tórax. A temperatura

média do tórax das vacas Holandesas foi similar à descrita por Roberto e Souza [20] em bovinos mantidos em descanso antes do transporte, enquanto que Gil *et al.* [9] relataram a variação de $32.3 \pm 1.70^{\circ}\text{C}$.

No presente estudo, devido à maior temperatura ambiente, a temperatura média do tórax foi superior à média descrita por autores em clima mais frio [15,21]. Com relação às temperaturas médias do abdômen, os resultados foram similares à média de $28,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para o flanco direito em temperatura ambiente entre 9 e 28°C [17].

Os ísquios com temperaturas entre 31 e 37°C apresentaram termogramas com boa qualidade de imagem, às quais devem ser capturadas e salvas pela câmera de infravermelho quando a pelagem do animal estiver livre de sujidades como fezes e lama e seca. Resultado esse similar à média de $32,10 \pm 2,06^{\circ}\text{C}$ [9].

Para as correlações entre temperatura ambiente x temperaturas em áreas do corpo, os resultados do estudo revelaram valores maiores, em relação aos valores de ($r= 0,71$; $P < 0,05$) para a pelve; ($r= 0,72$; $P < 0,05$) para o abdômen e ($r= 0,66$; $P < 0,05$) para o tórax [20]. As correlações positivas e significativas foram semelhantes às relatadas, relacionando a temperatura ambiente x temperatura de áreas do corpo [8]. As correlações entre a temperatura retal e os fatores climáticos foram de ($r= 0,49$; $P < 0,01$) para temperatura ambiente e ($r= -0,37$; $P < 0,01$) para umidade relativa, correla-

ções essas superiores e similares, respectivamente, às publicadas em outros artigos [10,27].

CONCLUSÕES

As áreas do corpo examinadas pela termografia por infravermelho apresentaram temperaturas distintas, em uma mesma colheita de dados, mostrando variações fisiológicas de temperatura que auxiliam na avaliação clínica de cada uma das áreas examinadas. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar influenciam na temperatura retal e de áreas da superfície do corpo. As imagens termográficas foram salvas e processadas com facilidade, rapidez e de forma prática, recomendando-se o uso da termografia por infravermelho de rotina como exame de imagem complementar ao exame clínico da glândula mamária e de áreas do corpo em vacas de leite.

MANUFACTURERS

¹FLIR® Systems. Stockholm, Sweden.

²Instrutemp Instrumentos de medição Ltda. São Paulo, SP, Brazil.

Acknowledgments. This study was supported by CNPq.

Ethical approval. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Uso de Animais em Experimentação da Universidade do Oeste Paulista, sob o protocolo 2292.

Declaration of interest. Os autores declaram que não há conflito de interesse.

REFERENCES

- 1 **Alsaad M. & Büscher W. 2012.** Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95(2): 735-742.
- 2 **Barnabé J.M.C. 2013.** Eficiência térmica de materiais utilizados na cobertura de abrigos individuais para bezerras Girolando. 66f. Recife, PE. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- 3 **Barnabé J.M.C., Pandorfi H., Almeida G.L.P., Guiselini C. & Jacob A.L. 2015.** Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 19(5): 481-488.
- 4 **Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L. & Schaefer A.L. 2003.** Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*. (83): 687-693.
- 5 **Castro F.S.F., Martello L.S., Leme P.R., Silva S.L., Oliveira C.L. & Canata T.F. 2011.** Análise do comportamento diurno de temperaturas de superfície corporal de bovinos Nelore por meio da termografia. In: *19º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP* (São Paulo, Brasil). p.122.
- 6 **Cruz E.A., Daltro D.S., Alfonso E.P.M., Stumpf M.T., Silva M.V.G., Pereira L. G.R., Fischer V. & McManus C.M. 2014.** Correlação entre temperatura do úbere, contagem de células somáticas, estabilidade e produção de leite em vacas sob estresse térmico. In: *XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia*. (Vitória, Brasil). 1 CD ROM.

- 7 **Daltro D.S. 2014.** Uso da termografia infravermelha para avaliar a tolerância ao calor em bovinos de leite submetidos ao estresse térmico. 66f. Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) em Produção Animal, Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul.
- 8 **Gaughan J.B., Bonner S., Loxton I., Mader T.L., Lisle A. & Lawrence R. 2010.** Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *Journal of Animal Science*. (88): 4056-4067.
- 9 **Gil Z., Adamczyk K., Zapletal P., Frelich J., Šlachta M. & Andreasik A. 2013.** Impact of the location of the dairy cows in the barn on their body surface temperature. *Journal of Central European Agriculture*. 14(3): 228-237.
- 10 **Gonçalves C.S.M. 2013.** Uso da termografia no diagnóstico precoce da doença respiratória bovina em explorações de engorda. 108f. Lisboa - Portugal. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa.
- 11 **Hoffmann G., Schmidt M., Ammon C., Rose-Meierhöfer S., Burfeind O., Heuwieser W. & Berg W. 2013.** Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. *Veterinary Research Communications*. 37(2): 91-99.
- 12 **Kunc P., Knížková I., Příkrýl M. & Maloun J. 2007.** Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Agricultura tropica et subtropica*. 40(1): 29-32.
- 13 **Metzner M., Sauter-Louis C., Seemueller A., Petzl W. & Klee W. 2014.** Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: Characteristics, methods, and correlation with rectal temperature. *The Veterinary Journal*. 199(1): 57-62.
- 14 **Metzner M., Sauter-Louis C., Seemueller A., Petzl W. & Zerbe H. 2015.** Infrared thermography of the udder after experimentally induced *Escherichia coli* mastitis in cows. *The Veterinary Journal*. 204(3): 360-362.
- 15 **Montanholi Y.R., Swanson K.C., Palme R., Schenkel F.S., McBride B.W., Lu D. & Miller S.P. 2010.** Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. *The Animal Consortium*. 4(5): 692-701.
- 16 **Nikkhah A. 2015.** Infrared Thermography as a Prognostic Livestock Agrotechnology: A Critique. *Agrotechnology*. 4(1): 111-115.
- 17 **Okada K., Takemura K. & Sato S. 2013.** Investigation of Various Essential Factors for Optimum Infrared Thermography. *Journal of Veterinary Medical Science*. 75(10): 1349-1353.
- 18 **Poikalainen V., Praks J., Veermä E.I. & Kokkin E. 2012.** Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special*. 10(1): 187-194.
- 19 **Roberto J.V.B. & Souza B.B. 2014.** Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. In: *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2(3): 73-84.
- 20 **Roberto J.V.B., Souza B.B., Silva E.M.N. & Silva G.A. 2014.** A Medicina Veterinária e o uso da termografia de infravermelho. In: *IX Congresso nordestino de produção animal* (Ilhéus, Brasil). pp.145-147.
- 21 **Schaefer A.L., Cook N.J., Bench C., Chabot J.B., Colyn J., Liu T., Okine E.K., Stewart M. & Webster J.R. 2012.** The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. *Research in Veterinary Science*. 93(2): 928-935.
- 22 **Scott S., Kennedy A. & Schaefer A. 2003.** Development of an Early Detection Method for Mastitis Using Infrared Thermography. Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, 4p. Disponível em: <<http://www.medithermclinic.com/Veterinarian/Bovine%20Mastitis.pdf>> [Accessed online November 2015]
- 23 **Stelletta C., Giancesella M., Vencato J., Fiore E. & Morgante M. 2012.** In: *Thermographic Applications in Veterinary Medicine*. Rijeka: Intech, pp.117-140.
- 24 **Stelletta C., Vencato J., Fiore E. & Giancesella M. 2013.** Infrared thermography in reproduction. In: Luzi F., Mitchell M., Costa L.N. & Redaelli V. (Eds). *Thermography current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine*. Rome: Brescia, pp.113-125.
- 25 **Suthar V.S., Burfeind O., Patel J.S., Dhami A.J. & Heuwieser W. 2011.** Body temperature around induced estrus in dairy cows. *American Dairy Science Association*. (94): 2368-2373.
- 26 **Talukder S. 2015.** Oestrus and Ovulation Detection in Pasture Based Dairy Herds: The Role of New Technologies. 286f. Sydney - Australia. Dissertation (Doctor of Philosophy) Faculty of Veterinary Science the University of Sydney.
- 27 **Talukder S., Kerrisk K.L., Ingenhoff L., Thomson P.C., Garcia S.C. & Celi P. 2014.** Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology*. 81(7): 925-935.

- 28 Talukder S., Thomson P.C., Kerrisk K.L., Clark C.E.F. & Celi P. 2015.** Evaluation of infrared thermography body temperature and collar-mounted accelerometer and acoustic technology for predicting time of ovulation of cows in a pasture-based system. *Theriogenology*. 83(4): 739-748.
- 29 Zimbelman R.B. 2008.** Management strategies to reduce effects of thermal stress on lactating dairy cattle. 179f. Arizona, USA. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Department of Animal Sciences, University of Arizona.
- 30 Zotti C.A. 2010.** Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada. 63f. Nova Odessa, SP. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Programa de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia.