



## Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido<sup>1</sup>

Débora Andréa Evangelista Façanha<sup>2</sup>, Roberto Gomes da Silva<sup>3</sup>, Alex Sandro Campos Maia<sup>2</sup>, Magda Maria Guilhermino<sup>4</sup>, Angela Maria de Vasconcelos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiado pela FAPESP.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido-Departamento de Ciências Animais. Caixa Postal 137, CEP: 59625-900, Mossoró, RN.

<sup>3</sup> Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Jaboticabal, SP.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Agropecuária – Centro de Tecnologia.

<sup>5</sup> Universidade Estadual Vale do Acaraú – Centro de Ciências Agrárias e Biológicas/Curso de Zootecnia.

**RESUMO** - O objetivo neste trabalho foi estudar a variação anual da temperatura superficial e outras características do pelame de vacas holandesas em ambiente tropical, considerando separadamente as malhas negras e brancas. Foram medidas as características espessura da capa (mm), comprimento dos pelos (mm), número de pelos (pelos/cm<sup>2</sup>) e temperatura da superfície do pelame em 191 vacas mestiças com alta proporção de sangue holandês (7/8 e 31/32, respectivamente), distribuídas em três rebanhos em ambiente semiárido. O pelame menos denso, com pelos mais curtos e assentados, que ocorreu predominantemente no mês de março, coincidiu com altos níveis de radiação solar. Esse tipo de pelame apresenta menor resistência ao fluxo de calor latente e sensível através da capa, favorecendo a termólise. A temperatura da superfície do pelame preto foi em média 4°C maior que a do pelame branco ao longo do ano e essa variação acompanhou a da temperatura radiante média. Os modelos desenvolvidos para prever a condutividade térmica efetiva do pelame devem considerar essas diferenças, pois, no caso de animais Holandeses malhados de preto e branco, manejados em ambiente tropical, o gradiente de temperatura no sentido horizontal não é negligível, assim como as características da capa também não o são.

Palavras-chave: adaptação, ambiente tropical, bovinos leiteiros, capa externa

## Annual variation of morphologic traits and hair coat surface temperature of Holstein cows in semi-arid environment

**ABSTRACT** - This work aimed to study the annual variation of temperature of the coat surface and other traits of coat in Holstein cows managed in a tropical environment by separately considering black coat and white coat. It was measured the coat thickness (mm) characteristic, hair length (mm), hair number (hair/cm<sup>2</sup>) and coat surface temperature on 191 crossbred cows with 7/8 and 31/32 Holstein composition distributed in 3 herds in a semi-arid environment. Less dense coats with shorter, flattened hair occurred predominantly in March, a time coinciding to high levels of solar radiation. This type of coat shows low resistance to the flux of latent and sensitive heat through the skin, thus favoring heat loss. The black coat surface temperature was on average 4°C higher than that of the white one during all the year and its variation followed that of the mean radiant temperature. The models developed to predict the effective thermal conductivity of the coat must take these differences into account because the thermal gradient parallel to the skin surface is not negligible for Holstein cows under the sun in a tropical environment, as well as the other traits.

Key Words: adaptation, dairy cattle, hair coat, tropical environment

### Introdução

O pelame representa a fronteira entre o ambiente e o corpo dos animais e influencia diretamente as trocas térmicas. Epiderme pigmentada, pelos curtos, claros e assentados e pelame pouco denso favorecem a proteção contra a radiação e a eficiência da termólise, por isso são desejáveis para bovinos que vivem em climas quentes (Cena & Monteith, 1975abc).

Em animais da raça Holandesa, a epiderme é pigmentada sob as malhas pretas, enquanto nas áreas brancas há ausência de melanina; conseqüentemente, a pelagem preta apresenta absorvância aproximada de 93%, enquanto a branca somente 35% (Hutchinson & Brown, 1969; Silva et al., 2003). As áreas de pelagem preta estão mais bem protegidas dos efeitos da radiação ultravioleta, apesar de absorverem a maior parte da radiação incidente (Gebremedhin et al., 1997). A pigmentação da pele e dos

Recebido em 12/2/2007 e aprovado em 27/4/2009.

Correspondências devem ser enviadas para: debora@ufersa.edu.br; alexsan@ufersa.edu.br

pelos, se por um lado aumenta a carga de calor, por outro protege as camadas profundas da epiderme dos danos causados pela radiação ultravioleta, uma vez que pelames brancos apresentam maior transmissividade à radiação de ondas curtas. Silva et al. (1988) observaram que, em animais da raça Holandesa, a epiderme sob as áreas brancas apresentava queimaduras intensas, enquanto as vacas predominantemente pretas, pastejavam mais tempo ao sol nas horas mais quentes do dia.

As características morfológicas do pelame, como densidade numérica, comprimento dos pelos e espessura da capa, influenciam diretamente o isolamento térmico proporcionado pelo pelame e podem variar ao longo do ano. Em ambiente tropical, é mais vantajoso ao animal apresentar o menor isolamento térmico possível, desde que sua epiderme seja pigmentada (Silva 1999; Treggear, 1965). Em vacas da raça Jersey, Silva et al. (1988) observaram aumento na espessura do pelame e no comprimento dos pelos durante o inverno e redução no verão. Veiga et al. (1964) observaram que o pelame de vacas da raça Holandesa apresentava modificações anuais, com substituição dos pelos longos e menos brilhantes, no inverno, por pelos curtos e brilhantes, no verão.

Neste trabalho objetivou-se estudar a variação anual das características morfológicas do pelame, além da temperatura de superfície dos pelames preto e branco de vacas Holandesas em ambiente tropical.

## Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em três propriedades leiteiras comerciais, de diferentes portes, localizadas no município de Quixeramobim, principal bacia leiteira do estado do Ceará, situado a 212 m acima do nível do mar, a 5°30' de latitude sul e 39°18' de longitude oeste. Nos três rebanhos, adotava-se o sistema semi-intensivo de criação durante a maior parte do ano. A alimentação era constituída de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e concentrado farelado, à base de milho, farelo de soja ou torta de algodão. As coletas de dados foram realizadas em 191 animais presentes durante todo o estudo e distribuídas nos rebanhos como se segue.

*Rebanho de pequeno porte:* constituído de 150 animais mestiços Holandês × SPRD, com proporção da raça Holandesa variando de 7/8 até 31/32, dos quais foram utilizadas 40 vacas. Durante o período do estudo, registraram-se em média 90 vacas em lactação, aproximadamente 70% da categoria, com produção média de 16 kg/dia. Entre as ordenhas da manhã e da tarde, esses

animais permaneciam em área de pastagem com suplementação mineral, onde dispunham de sombra escassa proveniente de árvores nativas da Caatinga. Após esse período, eram instalados em estábulo de alvenaria aberto nas laterais e coberto com telhas de cerâmica, onde era fornecido o concentrado. A unidade de manejo utilizada para a coleta dos dados dispunha de um brete e um tronco, ambos rústicos, com pequena área coberta e poucas árvores nas imediações.

*Rebanho de médio porte:* formado por 250 animais mestiços Holandês × Zebu, com proporção da raça Holandesa variando de 7/8 até 31/32, dos quais foram utilizadas 50 vacas. Durante o período do estudo, registraram-se em média 129 vacas em lactação, aproximadamente 82% da categoria, com produção média de 11 kg/dia. Nesta propriedade, as vacas em lactação eram mantidas durante o dia em piquetes com sombra de árvores e recolhidas para ordenha em um estábulo de alvenaria coberto com telhas de cerâmica. Os currais de manejo desta propriedade dispunham de sombra natural, porém escassa, e o conjunto seringá, brete e tronco eram localizados sob cobertura de telhas de cerâmica.

*Rebanho de grande porte:* composto de 396 animais, obtidos por cruzamento absorvente, usando como raça-base a Guzerá, e que já contava com grande número de animais 15/16 e 31/32 Holandês × Guzerá, dos quais foram utilizados 110 no estudo. A média de produção leiteira da propriedade era de 12,5 kg/dia. As vacas em lactação eram recolhidas somente para a ordenha, a um estábulo de alvenaria, de meias-paredes, coberto com telhas de cerâmica. Fora deste período, eram divididas em lotes e mantidas em piquetes extensos nos quais se fornecia o volumoso picado e a suplementação concentrada. Nesses piquetes havia à disposição dos animais sombras de árvores nativas e introduzidas, além de estruturas com sombrite anexas aos cochos de alimentação. O centro de manejo dos animais era coberto e os currais anexos, providos de sombra e localizados em um terreno com moderada elevação, que permitia boa ventilação no local.

Em todas as propriedades, eram realizadas duas ordenhas diárias: a primeira era encerrada por volta das 8 h, quando as vacas eram levadas às pastagens ou aos piquetes de alimentação. Por volta das 13 h, eram conduzidas às unidades de espera onde permaneciam até cerca de 15 h, quando se iniciava a ordenha da tarde.

As características morfológicas de pelame eram coletadas entre 8 h e 11 h, uma vez que não se alteram em espaços curtos de tempo. A temperatura da superfície corporal foi medida no mesmo intervalo, horário estabelecido

por ser este o período em que os animais se encontravam a campo nas três propriedades avaliadas, expostos às condições meteorológicas locais. Independentemente das condições meteorológicas predominantes, foram realizadas coletas nos solstícios de inverno e de verão (nos dias 21 de junho e 21 de dezembro) e dos equinócios de primavera e de outono (21 de março e 23 de setembro), uma vez que esses eventos astronômicos marcam o início das estações do ano, fator que influencia diretamente as características estudadas. No entanto, por se tratar de uma região de baixa latitude, as condições meteorológicas locais não sofreram grandes alterações, na temperatura do ar e no fotoperíodo. As maiores amplitudes foram verificadas na radiação solar, precipitação pluviométrica e umidade do ar.

A proporção de área de malhas negras (%) foi determinada fotografando-se cada animal de ambos os lados, junto com um padrão métrico. Em cada foto foram determinadas a área de perfil corporal e a área total de malhas negras, usando-se um planímetro, de modo que os valores de ambos os lados foram somados e calculada a proporção área total de malhas negras/área de perfil corporal.

Nos dias de coleta, as vacas eram mantidas no ambiente onde permaneciam rotineiramente e, no momento de registro dos dados, eram colocadas em um brete onde imediatamente se registrava a temperatura da superfície do pelame (°C), por meio de um termômetro digital de infravermelho, em uma região próxima ao local de amostragem dos pelos, em ambas as malhas preta e branca, no mesmo animal. Em seguida, era realizada a amostragem dos pelos, cerca de 20 cm abaixo da coluna vertebral, na região do costado, conforme descrito por Silva (2008).

A espessura do pelame (mm) foi determinada *in situ*, usando-se uma régua metálica graduada em milímetros e provida de cursor. Esta régua era introduzida perpendicularmente à superfície do animal até tocar a sua pele e o cursor movido até tocar a superfície externa do pelame. Em seguida, retirava-se no mesmo local uma amostra de pelos de uma área epidérmica conhecida, por meio de um alicate especialmente adaptado, conforme reportado por Silva (2008). Esses pelos eram acondicionados em envelopes plásticos e identificados com o número do animal e rebanho, para determinação de comprimento e número de pelos.

O comprimento médio dos pelos (mm) foi estimado segundo metodologia recomendada por Udo (1978), elegendo-se por análise visual os 10 maiores pelos da amostra que são medidos com um paquímetro e calculando-se posteriormente a média aritmética desses pelos. Essa metodologia utiliza os maiores pelos, uma vez que já

completaram seu crescimento e estão efetivamente no limite entre a superfície do animal e o ambiente. Com isso, elimina-se o risco de subestimar essa variável, considerando pelos recém-emergidos dos folículos.

A densidade numérica do pelame (pelos/cm<sup>2</sup>) foi estimada pela contagem do número de pelos retirados na amostra, correspondente a 0,14 cm<sup>2</sup> de pele do animal, posteriormente convertida para 1 cm<sup>2</sup>.

Nos dias de coleta dos dados em cada fazenda, as temperaturas de bulbo seco (°C) e de bulbo úmido (°C) eram tomadas às 9 h por meio de um psicrômetro portátil e a temperatura de globo negro (°C) medida por meio de um termômetro inserido no centro de um globo negro de cobre com 15 cm de diâmetro, localizado no piquete onde se encontravam os animais a uma altura de aproximadamente 1,20 m do solo. A velocidade do vento (m/s) era medida com um anemômetro digital portátil. As temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro foram utilizadas para calcular a temperatura radiante média (°K), a carga térmica radiante (W/m<sup>2</sup>) e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) a partir das equações adaptadas por Silva (2008) e Buffington et al. (1981):

$$T_{RM} = \left[ \frac{h_G(T_G - T_A) + \epsilon_G \sigma T_G^4}{\epsilon_G \sigma} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

em que  $\epsilon_G = 0,95$  é a emissividade do globo negro;  $T_G$  (K) é a temperatura do globo negro,  $\sigma = 5,67051 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$  é a constante de Stefan-Boltzman e  $h_G$  ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ) é o coeficiente de convecção do globo negro:  $h_G = k N_U d_G^{-1}$ , em que  $d_G$  (0,15 m) é o diâmetro do globo. No caso de esferas, o número de Nusselt para convecção forçada e dada pela seguinte relação:  $N_U = 0,38 R_e^{0,6} P_r^{0,37}$

e para convecção natural:  $N_U = 2 + 0,43 G_r^{0,25} P_r^{0,25}$ , os números de Reynolds ( $R_e$ ), Prandtl ( $P_r$ ) e o de Grashof ( $G_r$ ) são dados por:

$$R_e = V_G d_G \nu^{-1};$$

$$P_r = \rho c_p \nu k^{-1};$$

$$G_r = g d_G^3 \nu^{-2} T_A^{-1} (T_G - T_A);$$

em que:  $V_G$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) é a velocidade do vento próxima ao globo negro. A velocidade do ar usada para calcular o número de Reynolds foi medida próximo ao globo negro com um termoanemômetro (Alnor APM-360).  $U_G$  variou entre 0,1 e 5  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . A relação  $Gr/Re^2$  foi usada para especificar se a convecção era natural ( $Gr/Re^2 > 3$ ), forçada ( $Gr/Re^2 \leq 0,08$ ) ou mista ( $0,08 < Gr/Re^2 \leq 3$ ).

As propriedades físicas da atmosfera, densidade, condutividade térmica e a viscosidade cinemática ( $r$ ,  $k$ , e  $n$ )

além do calor latente de vaporização da água (1), foram obtidas a partir das seguintes relações:

$$\rho = \left[ 3481,9648(101,325e^{-\frac{z_g}{287T_A}}) \right] T_A^{-1} \text{ g m}^{-3}$$

$$k = \rho c_p [1,888 \times 10^{-5} + 1,324 \times 10^{-7} t_A] \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$v = 1,3291 \times 10^{-5} + 9,0 \times 10^{-8} t_A \text{ m s}^{-1}$$

$$\lambda = 2500,7879 - 2,3737 t_A \text{ J g}^{-1}$$

$$\text{CTR} = 1,053 h_c (t_g - t_a) + \delta t_g^4, \text{ W/m}^2; \quad (2)$$

em que:  $h_c$  = coeficiente de convecção do globo negro,  $\text{W} / ^\circ\text{C}$ ;  $t_g$  = temperatura do termômetro de globo,  $^\circ\text{K}$ ;  $t_a$  = temperatura do ar,  $^\circ\text{K}$ ;  $\delta$  = constante de Stefan-Boltzmann ( $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} . ^\circ\text{K}$ ).

$$\text{ITGU} = t_g + 0,36 t_p + 41,5; \quad (2)$$

em que:  $t_g$  = temperatura do termômetro de globo,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_p$  = temperatura do ponto de orvalho,  $^\circ\text{C}$ ;  $41,5$  = constante.

Os dados foram analisados pelo método dos quadrados mínimos (Harvey, 1960), usando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, 2001). A análise de variância foi baseada em modelos estatísticos estabelecidos de acordo com os dados coletados, nos quais foram incluídos os efeitos descritos a seguir.

O modelo 1 foi usado para a temperatura da superfície do pelame:

$$y_{ijklmn} = \mu + r_i + g_j + i1_{ij} + v_{k(ij)} + m_l + i2_{il} + i3_{jl} + c_m + i4_{lm} + i5_{jm} + i6_{lm} + \varepsilon_{ijklmn} \quad (1)$$

em que:  $y$  =  $n$ -ésima observação da temperatura da superfície da malha observada na  $m$ -ésima cor do pelame, no  $l$ -ésimo mês de coleta, na  $k$ -ésima vaca pertencente ao  $j$ -ésimo grupo genético e ao  $i$ -ésimo rebanho;  $r$  = efeito fixo do  $i$ -ésimo rebanho ( $i=1, 2 \text{ e } 3$ );  $g$  = efeito fixo do  $j$ -ésimo grupo genético ( $j=1 \text{ e } 2$ );  $i1$  = efeito da interação entre o  $i$ -ésimo rebanho com a  $j$ -ésimo grupo genético;  $v$  = efeito aleatório da  $k$ -ésima vaca pertencente à interação entre o  $i$ -ésimo rebanho com o  $j$ -ésimo grupo genético;  $m$  = efeito fixo do  $l$ -ésimo mês de coleta;  $i2$  = efeito da interação entre o  $i$ -ésimo rebanho com o  $l$ -ésimo mês de coleta;  $i3$  = efeito da interação entre o  $j$ -ésimo grupo genético com o  $l$ -ésimo mês de coleta;  $c$  = efeito fixo da  $m$ -ésima cor do pelame (preta e branca);  $i4$  = efeito da interação entre o  $i$ -ésimo rebanho com a  $m$ -ésima cor do pelame;  $i5$  = efeito da interação entre o  $j$ -ésimo grupo genético com a  $m$ -ésima cor do pelame;  $i6$  = efeito da interação entre o  $l$ -ésimo mês de coleta com a  $m$ -ésima cor do pelame;  $\mu$  = média paramétrica;  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

O modelo 2 foi usado para as características morfológicas do pelame, comprimento médio dos pelos e número de pelos por unidade de área:

$$y_{ijklm} = \mu + r_i + g_j + i1_{ij} + v_{k(ij)} + m_l + i2_{il} + i3_{jl} + \varepsilon_{ijklm} \quad (2)$$

em que  $y$  =  $m$ -ésima observação do comprimento médios dos pelos e do número de pelos observada no  $l$ -ésimo mês de coleta, na  $k$ -ésima vaca pertencente ao  $j$ -ésimo grupo genético do  $i$ -ésimo rebanho. Os termos desse modelo foram anteriormente definidos no modelo 1.

O modelo (3) foi usado para a espessura da capa do pelame.

$$y_{ijklm} = \alpha + r_i + g_j + v_{k(ij)} + i1_{ij} + m_l + i2_{il} + i3_{jl} + b_l C_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm} \quad (3)$$

em que  $y$  =  $m$ -ésima observação da espessura da capa de pelame observada no  $l$ -ésimo mês de coleta, na  $k$ -ésima vaca pertencente ao  $j$ -ésimo grupo genético do  $i$ -ésimo rebanho;  $\alpha$  = intercepto;  $b_l$  = coeficiente de regressão linear parcial da variável dependente ( $y$ ) sobre a variável contínua ( $C$ );  $C_{ijklm}$  = variável independente contínua (comprimento dos pelos) correspondente a cada observação  $y_{ijklm}$ .

As descrições dos termos apresentados nesse modelo estão de acordo com Harvey (1960). Os demais termos desse modelo foram definidos no modelo 1.

## Resultados e Discussão

Os valores das variáveis meteorológicas, correspondentes às médias registradas nas fazendas nos dias de coleta, são indicativos de ambiente quente, com cronicidade de exposição às altas temperaturas (Tabela 1). A temperatura do ar apresenta pequena amplitude anual, com os valores máximos em setembro, auge da estação seca. A menor temperatura foi registrada em março, provavelmente por ser a época de maior nebulosidade e precipitação pluviométrica.

Apesar da variação anual de aproximadamente  $7^\circ\text{C}$ , essa amplitude térmica pode ser considerada pequena e bastante inferior à verificada em regiões temperadas, onde essa variável climática é parcialmente responsável pelas mudas de pelames de bovinos. A velocidade do vento variou bastante ao longo do ano, com os menores valores registrados em junho. As maiores médias observadas em setembro e dezembro podem ser benéficas, pois contribuem para a termólise convectiva, amenizando a sensação de calor imposta pelas maiores temperaturas.

A umidade do ar e a precipitação pluviométrica tiveram comportamento anual paralelo, com os menores valores de umidade do ar em setembro e dezembro, época de escassez de chuvas. Já os maiores valores de março associados a temperaturas ambientes também elevadas, embora menores que nas outras épocas, podem dificultar os processos de dissipação de calor e tornar os animais um pouco mais estressados nesta época.

Tabela 1 - Médias das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico, registrados nas propriedades, nas diferentes épocas de coleta

Evento astronômico	Mês de coleta	T ar (°C)	VV (m/s)	PP{ta}(Kpa)	<sup>1</sup> Ppt (mm)	ITGU	CTR (W/m <sup>2</sup> )
Solstício de verão	Dezembro	30,8	2,39	2,61	14,6	90,53	768,77
Equinócio de outono	Março	25,1	2,84	2,69	151,2	92,18	713,69
Solstício de inverno	Junho	30,5	2,09	2,46	8,8	91,31	681,79
Equinócio de primavera	Setembro	32,7	3,01	2,31	0,0	91,29	702,07

PPt = precipitação pluviométrica; valores mensais acumulados obtidos em relatórios da FUNCEME. 2. T ar: temperatura do ar, determinada pelo termômetro de bulbo seco; VV = velocidade do vento; PP(ta) = pressão parcial de vapor à temperatura do ar; ITGU = índice de temperatura de globo e umidade; CTR = carga térmica radiante.

O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) praticamente não variou e foi alto durante todas as épocas do ano. É possível, no entanto, que o impacto desse índice seja maior para o gado holandês puro. Na realidade, não se sabe se essas amplitudes de ITGU podem ser as mesmas consideradas para o gado mestiço, que, sendo mais tolerante ao calor, certamente apresenta diferentes respostas fisiológicas ao estresse. A carga térmica radiante (CTR) está intimamente ligada às trocas térmicas por radiação entre animal e ambiente, que, segundo Silva (2008), em muitos casos, fazem a diferença entre um ambiente tolerável e outro insuportável. Em ambientes tropicais, os valores de carga térmica radiante desejáveis deveriam ser os menores possíveis, porém, os valores obtidos neste trabalho foram altos e positivos, confirmando que os animais estão expostos a alta incidência de radiação durante o ano inteiro. Este resultado alerta para a necessidade de se selecionar para estes ambientes animais portadores pelames que protejam a epiderme e ao mesmo tempo facilitem a dissipação do excesso de calor corporal.

Os efeitos de rebanho e mês de coleta e sua interação foram significativos para espessura de pelame, comprimento dos pelos, densidade numérica e temperatura de superfície

(Tabela 2). O efeito de cor do pelame e a sua interação com mês de coleta também foram significativos para a temperatura de superfície. Considerando o efeito de rebanho, nota-se que houve diferença significativa na espessura de pelame, no comprimento dos pelos, na densidade numérica e na temperatura de superfície, com a maior média nos rebanhos de pequeno e médio porte, e menor média no rebanho de grande porte (Tabela 2). Esses resultados de espessura de pelame podem ser atribuídos, em parte, à constituição genética, uma vez que os primeiros rebanhos possuíam algumas vacas puras e mestiças com alta proporção da raça Holandesa. O contrário acontecia no rebanho mais numeroso, cuja origem dos animais se deu por cruzamento absorvente com vacas da raça Guzerá, reconhecidamente adaptada ao ambiente tropical, portanto portadora de características como pelames pouco espessos, com pelos curtos e bem assentados.

Em bovinos, a maior parcela de temperatura corporal é devida ao calor liberado nos processos metabólicos, que, complementado pela absorção de radiação, somatiza o total de estoque térmico do organismo do animal. Assim, a temperatura de superfície mais elevada dos animais do rebanho de pequeno porte pode ser explicada nesses dois

Tabela 2 - Médias estimadas por quadrados mínimos para espessura da capa, comprimento dos pelos, número de pelos e temperatura da superfície do pelame de vacas leiteiras no semiárido

	n <sup>1</sup>	Espessura da capa (mm)	Comprimento dos pelos (mm)	Número de pelos (pelos/cm <sup>2</sup> )	Densidade numérica <sup>1</sup>	Temperatura da superfície do pelame (°C)
Média aritmética	808	1,93±0,086	12,02 ± 0,14	1552 ± 25	1606	35,02±0,093
Efeitos						
Rebanho						
1	157	2,13a ± 0,003	12,66a ± 0,27	1756a ± 45	314	39,50a ± 0,107
2	212	2,13a ± 0,003	12,03a ± 0,27	1641a ± 44	414	34,72b ± 0,106
3	439	1,76b ± 0,002	11,89 <sup>b</sup> ± 0,16	1439b ± 26	878	33,51c ± 0,063
Grupo genético						
≤ 7/8 Holandês	509	2,04a ± 0,002	12,20a ± 0,18	1652a ± 30	1008	35,88a ± 0,07
> 7/8 Holandês	299	1,97b ± 0,002	12,18a ± 0,20	1572a ± 34	598	35,94a ± 0,08
Mês de coleta						
Junho	191	2,03b ± 0,003	13,64a ± 0,26	2162a ± 43	410	34,53b ± 0,10
Setembro	203	2,19a ± 0,003	13,91a ± 0,25	1879b ± 42	382	36,40a ± 0,09
Dezembro	204	2,13ab ± 0,003	11,13b ± 0,25	1340c ± 41	406	36,50a ± 0,09
Março	210	1,67c ± 0,003	10,10c ± 0,25	1067d ± 41	408	36,26a ± 0,09
Cor do pelame						
Branco	-	-	-	-	803	34,05b ± 0,073
Preto	-	-	-	-	803	37,77a ± 0,073

<sup>1</sup>Número de observações.

Médias seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste Tukey.

termos. A estrutura geral da referida fazenda, menos arborizada e provida de menores áreas de sombreamento artificial, promovia menor proteção dos animais contra a radiação solar, o que provavelmente contribuiu para seu maior aquecimento superficial. Além disso, os dados de controle leiteiro registrados nas três propriedades durante o ano de coleta indicam que o rebanho de pequeno porte apresentava maior nível produtivo, com média de 16 kg de leite/animal/dia, ao passo que esta média oscilava entre 11 kg de leite/animal/dia e 12 kg de leite/animal/dia. É possível, portanto, que tenham apresentado maior atividade metabólica e, conseqüentemente, maior geração de calor interno. Esse calor é geralmente dissipado via superfície corporal, o que pode ter contribuído para maior temperatura de superfície, conforme observado no rebanho menor.

As médias aritméticas para espessura de pelame, comprimento e densidade numérica foram 1,93 mm, 12,02 mm e 1552 pelos/cm<sup>2</sup>, respectivamente (Tabela 2). Os valores de espessura da capa e comprimento médio dos pelos foram próximos aos observados por Maia et al. (2003) para malha negra em vacas Holandesas, também em ambiente tropical (2,4 mm, 12,48 mm, respectivamente). No entanto, para a densidade numérica, o valor observado por esses autores foi bem inferior, de 921 pelos/cm<sup>2</sup>. Por outro lado, é preciso considerar o alto valor encontrado por Udo (1978), na Holanda, de 1.465 pelos/cm<sup>2</sup> em vacas Holandesas, na malha negra. Em ambiente caracterizado por intensa radiação solar (média de 791,6 W/m<sup>2</sup>), bem superior aos níveis observados na Europa, era de se esperar que o número de pelos fosse mais próximo ao encontrado por Maia et al. (2003), uma vez que menor densidade contribui diretamente para maior perda de energia térmica. Por outro lado, os animais utilizados neste estudo não são geneticamente puros e sim oriundos de cruzamentos com bovinos Sem Padrão Racial Definido (SPRD) e Zebuínos. Por exemplo, Silva et al. (2001) encontraram densidade numérica de 1.806 pelos/cm<sup>2</sup> para animais Nelore e somente 1.028 pelos/cm<sup>2</sup> para animais da raça Holandesa, portanto, o maior número de pelos pode ser consequência do cruzamento dos animais.

Conforme o mês de coleta (Tabela 2) e a interação mês de coleta e rebanho (Figuras 1, 2 e 3), a espessura de pelame, o comprimento e a densidade numérica apresentaram maior média em junho e setembro, decrescendo em dezembro e atingindo a menor média em março. Em contraste, a temperatura radiante média (Figura 4) elevou a partir de julho, atingindo o máximo em dezembro e março. Pelames menos densos, com pelos mais curtos e assentados ocorreram nas épocas em que se registraram maiores valores

de temperatura radiante média. A desvantagem adaptativa desse comportamento é que este tipo de pelame apresenta menor resistência ao fluxo de calor latente e sensível através da capa (Cena & Monteith 1975abc), ao mesmo tempo em que apresenta maior transmissividade efetiva da radiação absorvida na superfície do animal (Maia et al., 2005). Isso pode promover superaquecimento do organismo ou até mesmo predispor o animal a lesões cutâneas, sobretudo se a epiderme abaixo deste tipo de pelame for despigmentada.

No entanto, dos 191 animais utilizados neste trabalho, somente 15 eram predominantemente brancos; ou seja, a epiderme da maioria dessas vacas era altamente pigmentada. Dessa forma, parece ser mais vantajoso selecionar para esses animais características morfológicas que favoreçam a perda de energia térmica, uma vez que sua epiderme é provida de forte proteção contra a radiação ultravioleta. A temperatura na superfície do pelame branco foi aproximadamente 4°C inferior àquela observada no pelame preto desses animais (Tabela 2). Silva et al. (2003), utilizando um espectro-radiômetro em comprimentos de onda entre 300 e 850 nm, determinaram valores da absorvância no pelame de animais holandeses no nível de 0,902 para o preto e 0,518 para o branco. A maior temperatura nas malhas negras decorre de sua maior absorção da radiação solar. Resultados similares foram observados por Pocay et al. (2001), porém os valores foram 44,59 e 38,18°C para temperatura da superfície do pelames preto e branco, respectivamente. Essa maior temperatura na superfície registrada por Pocay et al. (2001) reflete o horário em que a observação foi feita. Neste trabalho essas temperaturas eram registradas por volta das 9 h, enquanto no trabalho de Pocay et al. (2001) foram anotadas por volta das 14 h, ou seja no período do dia em que a intensidade de radiação solar na região é maior.

As respostas nos rebanhos de pequeno e médio porte foram semelhantes, diferindo do padrão de resposta do rebanho de grande porte, principalmente para espessura de pelame (Figuras 1 a 3).

Talvez essa resposta esteja relacionada ao fato de que os rebanhos pequeno e médio possuíam animais com maior proporção de sangue holandês em comparação ao rebanho de grande porte; mas por outro lado o efeito de rebanho está confundido com o efeito da propriedade ou do local, de modo que o manejo e a alimentação particular podem ter contribuído diretamente para essa interação.

A média da densidade de pelame (pelos/cm<sup>2</sup>) nas vacas no mês de junho foi o dobro daquela registrada para o mês de março (Figura 3; Tabela 2). Também no mês de junho os pelos eram mais compridos (Figura 2) e a capa mais espessa, exceto para o rebanho maior (Figura 1). Em contraste, no mês

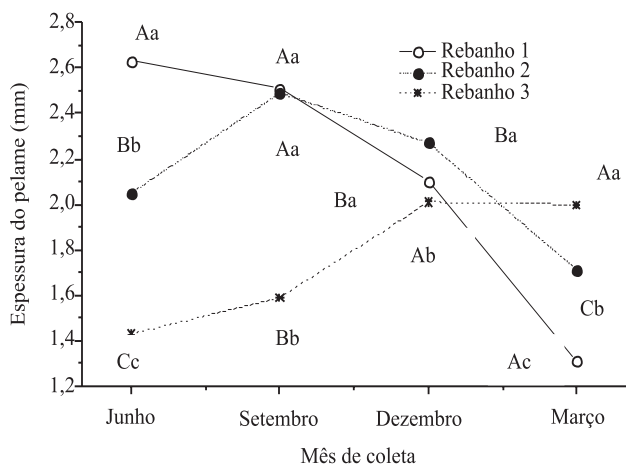


Figura 1 - Efeito da interação do mês de coleta com rebanho nas médias da espessura do pelame (mm) de vacas leiteiras em ambiente semiárido.

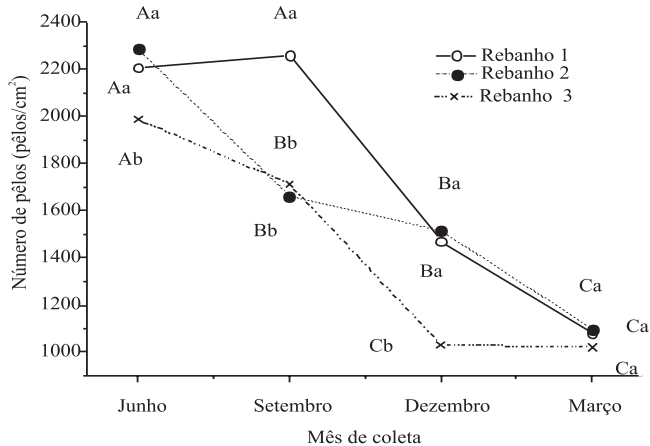


Figura 3 - Efeito da interação do mês de coleta com rebanho nas médias do número de pelos (pelos/cm²) de vacas leiteiras em ambiente semiárido.

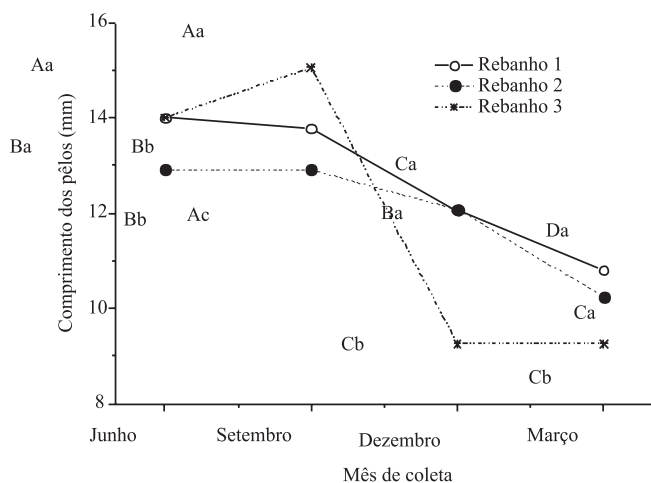


Figura 2 - Efeito da interação do mês de coleta com rebanho nas médias do comprimento dos pelos (mm) de vacas leiteiras em ambiente semiárido.

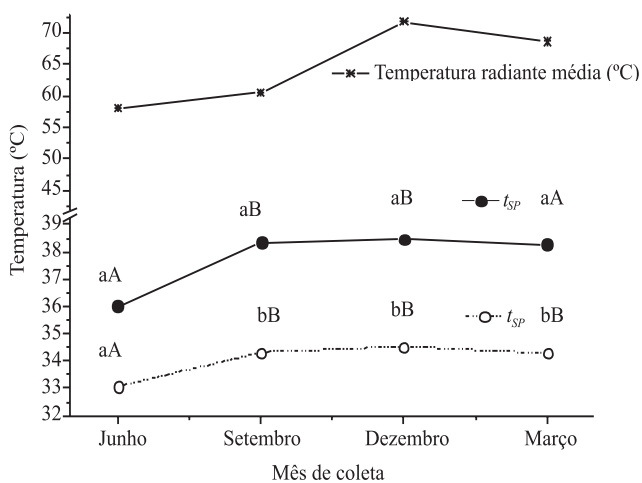


Figura 4 - Efeito da interação do mês de coleta com temperatura dos pelames branco ( $t_{SP}$ , °C) e preto ( $t_{SP}$ , °C) de vacas leiteiras.

de junho a temperatura da superfície do pelame (Figura 4) foi 1,5°C mais baixa no pelame branco e 2,5°C no preto, diferenças menores que as observadas nos demais meses. Esses resultados comprovam que, no período em que os pelames eram densos, eles apresentavam menor temperatura na sua superfície. O mesmo foi observado por Gebremedhin et al. (1997) em pelame com espessura de até 6 mm.

A temperatura da superfície do pelame preto foi em média 4°C maior que a do pelame branco (Tabela 2; Figura 4) e ambas acompanharam a temperatura radiante média. Este resultado está de acordo com os encontrados na literatura (Pocay et al., 2001; Hillman et al., 2001).

No entanto, este estudo comprova que essa diferença de temperatura ocorre no mesmo animal, ou seja, a temperatura na malha preta é 4,0°C mais elevada que na

branca no mesmo indivíduo, uma vez que a cor branca reflete grande parte da radiação incidente, ao passo que a cor negra das malhas absorve a maior parte da radiação de ondas curtas que se transforma em energia calorífica, elevando a temperatura da superfície.

Maia et al. (2003) mostraram que espessura de pelame, comprimento e densidade numérica de pelos também diferiram no mesmo indivíduo em ambas as malhas. Esses resultados sugerem que os modelos desenvolvidos para a predição da condutividade térmica efetiva do pelame (Davis & Birkebak, 1974) devem considerar essas diferenças, pois, no caso de animais holandeses malhados de preto e branco em ambiente tropical, o gradiente de temperatura no sentido horizontal não é negligível, assim como as características da capa também não o são.

É importante mencionar que, dos 191 animais utilizados neste trabalho, somente 15 eram predominantemente brancos. Esse dado comprova que, nas condições do ambiente estudado, existe uma vantagem adaptativa dos animais de capa preta em relação aos animais brancos. Uma possível explicação para esse fato é a maior proteção da epiderme nos animais predominantemente negros. No gado holandês e seus mestiços, a epiderme sob o pelame branco é quase que totalmente desprovida de pigmento melânico, enquanto as áreas de epiderme sob as malhas negras são fortemente pigmentadas, portanto protegidas da transmissão de radiação de ondas curtas para suas camadas mais profundas (Silva, 2008). Assim, nos animais com pelames predominantemente negros, apesar de seu balanço radiante mais elevado (Figura 4), devido à maior absorção da radiação solar (Silva et al., 2003; Maia et al., 2005), os altos níveis de melanina na sua epiderme oferecem maior proteção contra a radiação ultravioleta (Silva et al. 2003). Obviamente, do ponto de vista adaptativo, esse tipo de animal é mais adequado à região tropical para criação a campo, pois maior parte da radiação absorvida fica retida nas fibras de pelos. Em contraste, os animais de pelame predominantemente branco apresentam epiderme praticamente despigmentada e mais suscetível à radiação solar de ondas curtas (Silva et al., 2003). Nesses animais uma considerável fração da radiação ultravioleta é refletida da sua superfície, no entanto, a fração que é absorvida rapidamente é transmitida e penetra mais profundamente nos tecidos epidérmicos, causando danos internos importantes e favorecendo a ocorrência de graves eritemas, queimaduras e neoplasias.

### Conclusões

Vacas leiteiras criadas em clima semiárido no Sertão Central do Ceará apresentam pelames bastante densos em todas as épocas do ano. Os pelos são mais longos e a temperatura na superfície é menor no mês de junho, período de menor incidência de radiação, quando os animais apresentam também pelames mais espessos. Nas malhas negras, a temperatura de superfície é superior à das brancas e essa diferença deve ser considerada nos modelos desenvolvidos para predições de condutividade térmica através do pelame.

### Agradecimentos

Aos produtores que nos abriram as portas e compartilharam conosco seus animais, suas experiências e seu precioso tempo durante as coletas. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da pesquisa. À

servidora da FCAV- UNESP Angela Arduíno, pela inestimável colaboração nas atividades laboratoriais.

### Referências

- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCCHO, A.; CANTON, G. H, et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of ASAE**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer. **Proceedings Royal Society London**, v.188, p.377-393, 1975a.
- CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. II. Conduction and convection. **Proceedings Royal Society London**, v.88, p.395-411, 1975b.
- CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. III. Water vapor diffusion. **Proceedings Royal Society London**, v.88, p.413-423, 1975c.
- DAVIS, L.B.; BIRKEBAK, R.C. On the transfer of energy in layers of fur. **Biophysical Journal**, v.14, p.249-268, 1974.
- GEBREMEDHIN, K.G.; NI, H.; HILLMAN, P.E. Modeling temperature profile and heat flux through irradiated fur layer. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.5, p.1441-1447, 1997.
- HARVEY, W.R. **Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers**. Beltsville: USDA, 1960. 177p.
- HILLMAN, P.E.; LEE, C.N. PARKHURST, A. Impact of hair colour on thermoregulation of dairy cows to direct sunlight. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING OF THE ASAE, 94., Sacramento. **Proceedings...** Sacramento, 2001. (Paper, 014301). p.14.20.
- HUTCHINSON, J.C.D.; BROWN, G.D. Penetrance of cattle coats by radiation. **Journal Applied of Physiology**, v.26, p.454-464, 1969.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; BERTIPAGLIA, E.A. Características do pelame de vacas Holandesas em ambiente tropical. Um estudo genético e adaptativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.843-853, 2003.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; BERTIPAGLIA, E.A. Environmental and genetic radiation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions. **Livestock Production Science**, v.92, p.307-315, 2005.
- POCAY, P.L.B.; POCAY, V.G.; STARLING, J.M.C. et al. Respostas fisiológicas de vacas Holandesas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta. **Ars Veterinaria**, v.17, n.2, p.155-161, 2001.
- SILVA, R.G.; ARANTES NETO, J.G.; HOLTZ FILHO, S.V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. **Brazilian Journal Genetics**, v.11, p.335-347, 1988.
- SILVA, R.G.; LA SCALA JR., N.; POCAY, P.L.B. Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1403-1411, 1999.
- SILVA, R.G.; LA SCALA JR., N.; POCAY, P.L.B. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1939-1947, 2001.
- SILVA, R.G. **Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente**. São Paulo: FUNEP, 2008. 386p.
- SILVA, R.G.; LASCALA JR.; TONHATI, H. Radiative properties of the body surface of cattle and others animals. **Transaction of ASAE**, v.46, p.913-918, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM – SAS. **SAS user's guide: statistics**, Cary: 2001. 956p.
- TREGGEAR, R.T. Hair density, wind speed and heat loss in mammals. **Journal Applied Physiology**, v.20, p.796-801, 1965.
- UDO, H.M. **Hair coat characteristics in Friesian heifers in the Netherlands and Kenya**. Wageningen: Veenman & Zonen, 1978. 135p. (Meded. Landbouwhogeschool Wageningen, 78-6).