



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR LATENTE E COMPORTAMENTO
TERMORREGULATÓRIO DE VACAS LEITEIRAS EM AMBIENTE
TROPICAL**

SEVERINO GUILHERME CAETANO GONÇALVES DOS SANTOS
Zootecnista

AREIA-PB
MAIO-2015

SEVERINO GUILHERME CAETANO GONÇALVES DOS SANTOS

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR LATENTE E COMPORTAMENTO
TERMORREGULATÓRIO DE VACAS LEITEIRAS EM AMBIENTE
TROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Comitê de Orientação

Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva (Orientador Principal)

Prof. Dr. Edgard Cavalcanti Pimenta Filho

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto

AREIA-PB

MAIO-2015

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, campus II, Areia - PB*

S237t Santos, Severino Guilherme Caetano Gonçalves dos.
Transferência de calor latente e comportamento termorregulatório de vacas leiteiras em ambiente tropical / Severino Guilherme Caetano Gonçalves dos Santos. – Areia - PB: CCA/UFPB, 2015.
71 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientador: Edilson Paes Saraiva.

1. Vacas leiteiras – Ambiente tropical 2. Bovinocultura leiteira – Aclimatização 3. Bovinos – Exigências térmicas I. Saraiva, Edilson Paes (Orientador) II. Título.

UFPB/BSAR

CDU: 636.2(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Transferência de calor latente e comportamento termorregulatório de vacas leiteiras em ambiente tropical”.

AUTOR: Severino Guilherme Caetano Gonçalves dos Santos

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcílio de Azevedo
Examinador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Areia, 10 de março de 2015

DEDICO

Aos meus pais, Maria Rosanete Pereira Gonçalves dos Santos e Juvenilton Caetano dos Santos, que me passaram educação e respeito.

Aos meus irmãos Ana Nery e Isaque, ao cunhado Maciel e sobrinho Gabriel, pelo carinho, alegria e incentivo.

A minha namorada Suyane Dantas pelo amor, carinho, companheirismo e compreensão durante a elaboração deste trabalho.

OFEREÇO

A minha querida, inesquecível e amada avó Maria José Pereira Gonçalves (In memoriam), pelo amor e por sempre acreditar em meu potencial.

AGRADEÇO

A Deus, pelo direcionamento e discernimento sempre presente em minha vida.

À Universidade Federal da Paraíba - UFPB, através do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso e pelos conhecimentos e oportunidades que me foram e serão proporcionados ao longo de toda a vida acadêmica.

Ao meu caro orientador Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva, pelos conhecimentos compartilhados, dedicação e sabedoria dispensada a mim durante minha formação acadêmica.

Aos meus co-orientadores Prof. Dr. Edgard Cavalcanti Pimenta Filho e Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto, pelos ensinamentos e valiosas sugestões na confecção deste trabalho.

Ao doutorando Vinícius de França Carvalho Fonsêca pelas valorosas explicações, auxílios na execução deste trabalho e pela amizade.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do curso.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado e Prof. Dr. Marcílio de Azevedo pelas valiosas correções e sugestões do referido trabalho.

Aos proprietários da fazenda Bodopitá, Antônio Dimas Cabral e Arthur Cabral, por permitir a realização dessa pesquisa, e aos funcionários, pela colaboração diária.

A todos os amigos do BioEt (Grupo de Estudo em Bioclimatologia Animal e Etologia) que fizeram parte de uma grande equipe ajudando na condução do experimento e colheita de dados: Vinícius Fonsêca, Elivania Almeida, Antônio Costa, Pedro José, Mikael Leal, Tarsys Veríssimo, Josinaldo Araújo, Raniere Paulino, Thiago Moraes, além da minha irmã de coração Ana Jaqueline Muniz e os colegas Marcone Meireles e Paulo Araújo pela colaboração nas observações comportamentais.

Aos meus amigos e amigas da turma 2013-2014 do PPGZ, Gabriel Almeida, Fátima Andrade, Silvana Lima, Francinilda, Carlos Leal, Carine Araújo, Tarsys Veríssimo, Jurandir Júnior, Méssias Nogueira, Luzia Trajano, Naijany, Joselito Bastos, Nagnaldo, Rosângela, Liadiane, Carlos Augusto, Giullyann, pelas horas de estudos, as conversas fora de hora e amizade que levarei para toda vida.

A secretaria do PPGZ, Maria das Graças Medeiros e aos funcionários D. Carmen e Sr. Damião.

A Capes pela concessão da bolsa.

E por fim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

Sumário

	Páginas
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
Objetivo Geral.....	xi
Abstract	xii
Artigo I - Transferência de calor latente e ajustes no comportamento termorregulatório de vacas leiteiras criadas em ambiente tropical: uma revisão.....	1
Resumo.....	1
Introdução.....	2
Aclimatização de bovinos leiteiros em ambiente tropical.....	4
Cuidados com a ambiência.....	9
Exigências térmicas de bovinos leiteiros.....	10
Mecanismo de transferência de calor.....	13
Comportamento de termorregulação.....	16
Considerações finais.....	21
Referências.....	21
Artigo II - Transferência de calor latente de vacas leiteiras mantidas em ambiente aberto no semiárido brasileiro.....	31
Resumo.....	31
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	33
Resultados.....	39
Discussão.....	45
Conclusões.....	50
Referências.....	50
Artigo III - Comportamento termorregulatório de vacas leiteiras criadas em ambiente semiárido.....	56
Resumo.....	56
Introdução.....	57

Material e Métodos.....	58
Resultados.....	60
Discussão.....	65
Conclusões.....	68
Referências.....	69

LISTA DE TABELAS

Artigo II

Tabela 1. Transferência de calor via superfície cutânea (Média±EP) em vacas leiteiras de pelagem predominantemente branca ou preta, com nível de produção médio de 20 ou 14 kg de leite/dia⁻¹..... 44

Tabela 2. Condições ambientais (Média±DP) e perda de calor latente (Média±EP) de vacas leiteiras antes e depois de serem submetidas a um sistema de resfriamento no curral de espera..... 45

LISTA DE FIGURAS

Artigo I

Figura 1. Distribuição geográfica da zona intertropical..... 4

Figura 2. Perda de calor latente (o) e de calor sensível (+) sobre a superfície do corpo de vacas Holandesas em função da temperatura do ar..... 14

Figura 3. Esquema da incidência da radiação solar em bovinos orientados paralelo (a) e perpendicularmente (b) em relação à trajetória do sol..... 20

Artigo II

Figura 1. Esquema da área onde os animais permaneceram durante a colheita de dados e a distância de mensuração da temperatura de pelame e frequência respiratória..... 35

Figura 2. Imagens termográficas (b; d) de vacas leiteiras predominantemente branca (a) e preta (c) em condições de confinamento a céu aberto, registradas às 11 horas, nas coordenadas 7°22'45,1"S e 36°31'47,2"W no semiárido brasileiro..... 37

Figura 3. Variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (Média±DP) nas coordenadas 7°22'45,1"S e 36°31'47,2"W no semiárido brasileiro..... 39

Figura 4. Frequência respiratória (Média±EP) de vacas leiteiras no período de 07:00 às 15:00 horas..... 40

Figura 5. Perda de calor por evaporação respiratória (Er) em função da frequência respiratória (FR)..... 41

Figura 6. Frequência e evaporação respiratória (Média±EP) em função do nível de

produção de leite (a) e da predominância da cor do pelame (b).....	41
Figura 7. Perda de calor por evaporação cutânea de vacas leiteiras em relação à temperatura do pelame.....	43
Figura 8. Temperatura radiante média (a) e perda de calor por evaporação cutânea (b) (Média±DP) em função dos horários do dia.....	43
Figura 9. Participação da perda de calor por sudação e respiração na transferência de calor latente total.....	44

Artigo III

Figura 1. Esquema da área onde os animais permaneceram durante as observações comportamentais e ângulo azimutal aproximado de 0 e 90° em relação à direção do sol.....	59
Figura 2. Variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (Média±DP) na sombra e no sol, nas coordenadas 7°22'45,1"S e 36°31'47,2"W, no semiárido brasileiro.....	61
Figura 3. Percentual do tempo total que as vacas permaneceram na sombra e ao sol durante o dia.....	62
Figura 4. Percentual de tempo que as vacas permaneceram expostas no sol, nos ângulos azimutais aproximados de 0 e 90°.....	63
Figura 5. Percentual de tempo que vacas predominantemente brancas e pretas permaneceram expostas ao sol durante o dia.....	64
Figura 6. Tempo (%) que vacas predominantemente brancas e pretas permaneceram expostas no sol, orientadas a 0 e 90° em relação a trajetória do sol.....	64

TRANSFERÊNCIA DE CALOR LATENTE E COMPORTAMENTO TERMORREGULATÓRIO DE VACAS LEITEIRAS EM AMBIENTE TROPICAL

RESUMO GERAL: Objetivou-se estimar a transferência de calor latente e verificar o tempo de exposição ao sol e a preferência na orientação do corpo em relação à direção do sol de vacas leiteiras Holandês x Gir, criadas em regime de confinamento a céu aberto, no semiárido brasileiro. Os dados foram coletados em dois grupos de vacas, cada um composto de 13 animais, sendo o primeiro de vacas com nível de produção entre 18 e 26 kg de leite/dia⁻¹ (média de 20 kg/dia⁻¹) e o outro de vacas que produziam entre 10 e 16 kg de leite/dia⁻¹ (média de 14 kg/dia⁻¹). Deste total, 8 vacas apresentavam pelame de coloração predominantemente branco e 18 preto. Para caracterização do ambiente, foram registradas, diariamente, as variáveis ambientais temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e velocidade do vento, os quais foram utilizados para calcular o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e a Temperatura Média Radiante (TRM). Nos animais, foram mensuradas as variáveis frequência respiratória e temperatura do pelame. Além de observar os comportamentos de localização (sombra e sol) e orientação do animal em relação à trajetória do sol. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que os modelos de predição baseados na frequência respiratória e temperatura do pelame podem ser utilizados para estimar a perda de calor latente em vacas leiteiras Holandês x Gir, mantidas em condições de céu aberto. A dissipação de calor por meio do trato respiratório e superfície cutânea correspondem, em média, a 12,1% (26,31 W.m⁻²) e 87,9% (190,70 W.m⁻²), respectivamente, de vacas leiteiras criadas nas coordenadas 07° 22' 45,1''S, 36° 31' 47,2''W, sob temperatura do ar média de 27,3°C. Vacas leiteiras Holandês x Gir permanecem mais tempo na sombra que exposta ao sol. Vacas pretas permanecem mais tempo em pleno sol em comparação as brancas e preferem se posicionar com o eixo do corpo formando um ângulo azimutal de 0°, quando a temperatura do ar ultrapassa os 25°C.

Palavras-chave: adaptação, perda de calor, postura corporal, temperatura ambiente

LATENT HEAT TRANSFER AND THERMOREGULATORY BEHAVIOR OF DAIRY COWS IN TROPICAL ENVIRONMENTS

ABSTRACT: Objective was to estimate the latent heat transfer and check the time of sun exposure and a preference in orientation of the body relative to the direction of the sun Holstein x Gir dairy cows in confinement regime to heaven open in the brazilian semiarid region. Data were collected in two groups of cows, each consisting of 13 animals each, the first output level cows between 18 and 26 kg milk day⁻¹ (average of 20 kg/day⁻¹) and the other cows that produce between 10 and 16 kg milk/day⁻¹ (average of 14 kg/day⁻¹). Of this total, eight cows had predominantly white coloring hair coat and 18 black. To characterize the environment, were recorded daily environmental variables air temperature, relative humidity, black globe temperature and wind speed, which were used to calculate the Temperatura Index of Black Globe and Humidity (BGT) and the Average Radiant Temperature (MRT). In animals, the variables respiratory rate and temperature of the hair coat were measured. In addition to observing the behaviors of location (shade and sun) and orientation of the animal in relation to the sun's path. According to the results, it is concluded that the prediction models based on respiratory rate and temperature fur can be used to estimate the loss of latent heat in dairy cows Holstein x Gir, kept in open conditions. The heat dissipation through the respiratory tract and skin surface corresponds, on average, to 12.1% (26.31 Wm⁻²) and 87.9% (190.70 Wm⁻²), respectively, created dairy cows at coordinates 07° 22 '45.1 "S, 36° 31' 47.2" W, in average air temperature of 27.3°C. Dairy cows Holstein x Gir stay longer in shadow exposed to sunlight. Black cows longer permacem in full sunlight compared white and prefer to position with the body axis forming an azimuthal angle of 0° when the air temperature exceeds 25°C.

Keywords: ambient temperature, adaptation, body posture, heat loss

ARTIGO I

Transferência de calor latente e ajustes no comportamento termorregulatório de vacas leiteiras em ambiente tropical: uma revisão

Resumo: Objetivou-se a partir desta revisão, abordar aspectos ligados a termorregulação e aclimatização de bovinos leiteiros criados nas zonas tropicais, a partir de relatos encontrados na literatura vigente. Foram abordadas informações que retratam a importância da dinâmica térmica entre os animais, sobretudo, bovinos leiteiros e o ambiente tropical, com enfoque para as condições climáticas da região semiárida brasileira. A partir do que foi observado, verificou-se que a principal forma de dissipar o calor por vacas leiteiras quando estão na zona de termoneutralidade, é principalmente por meio das vias sensíveis. No entanto, sob altas temperaturas ambientais a perda de calor sensível torna-se um meio pelo qual os animais ganham calor. Nesta condição, as vias evaporativas são acionadas e a energia térmica corporal é dissipada. Ademais, em ambientes quentes, bovinos procuram áreas sombreadas, mudam sua postura corporal em função da trajetória do sol e seus padrões diários de atividades para manter o equilíbrio da temperatura corporal. Assim, sugere-se que o produtor promova ajustes no manejo e/ou no ambiente físico onde os animais estão inseridos, seja fornecendo sombreamento, ventilação ou resfriamento evaporativo, sendo estas realizadas ou não mediante minuciosa análise da relação custo/benefício.

Palavras-chave: aclimatização, bioclimatologia, termorregulação

Abstract: It was aimed to from this review, addressing aspects thermoregulation and acclimatization of dairy cattle raised in the tropics, from reports in the current literature. Information was addressed that reflect the importance of thermal dynamics among animals, especially dairy cattle and the tropical environment, focusing on the climatic conditions of the Brazilian semiarid region. From the results obtained, it was found that dairy cows when they are in thermalneutral zone, the primary means of dissipating heat

is by way of sensible, however at high ambient temperatures the loss of sensible heat becomes a means heat gain, this evaporative pathways are activated condition and body heat is dissipated. Moreover, in the heat, cattle seek shaded areas, change your body posture due to the sun's path and their daily patterns of activities to keep the balance of body temperature. Thus, it is suggested that the producer promote adjustments in the physical environment where the animals are placed, is providing shading, ventilation or cooling evaporative, which are carried out or not by detailed analysis of the cost/benefit ratio.

Keywords: acclimatization, bioclimatology, thermoregulation

Introdução

Vacas de alta produção, como as da raça Holandesa, quando importadas de regiões de clima temperado para serem criadas em locais de clima quente, muitas vezes o potencial produtivo destes animais não é totalmente expresso nestas condições. Bovinos de raças especializadas para leite, produzem satisfatoriamente em ambientes com temperaturas entre 5 e 25°C, chamada de zona “termoneutra”, acima da qual os animais otimizam o metabolismo para dissipar a energia térmica excedente para o ambiente e manterem sua homeotermia (Tapki e Sahin, 2006; Tucker et al., 2008).

Ademais, a produção de leite acarreta aumento na produção de calor metabólico devido ao maior aporte de nutrientes para síntese dos componentes do leite, de maneira que, individualmente, vacas de alta produção são mais vulneráveis ao estresse por calor que vacas de baixa produção de leite (Kadzere et al., 2002). Conseqüentemente, no início da lactação vacas de alta produção são mais sensíveis ao estresse por calor e sua produção de leite declina significativamente quando são submetidas a ambientes quentes (Igono e Johnson, 1990).

Nos sistemas intensivos de criação, em algumas situações as vacas são confinadas em áreas a céu aberto com baixa disponibilidade e qualidade de sombra para proteção da intensa radiação solar, característica comum do clima semiárido. Em estudos com bovinos leiteiros no semiárido brasileiro, Oliveira et al. (2014) verificaram que das 09 da manhã até as 16 horas os níveis de radiação solar variam de 500 a 800 W.m⁻², o que representa uma aporte de calor expressivo para os animais na maior parte

do dia.

Assim, numa condição de estresse por calor, a fisiologia e o comportamento dos animais são afetados e a intensidade destas alterações é proporcional ao nível de aclimatização da espécie ao ambiente específico. De acordo com Pires et al. (2000), as vacas modificam o seu comportamento a fim de reduzir os efeitos danosos da radiação solar direta. Desta forma, a restrição de atividades diárias em alguns horários pode reduzir a carga de calor e perda de água nos animais. Também, estratégias como mudanças contínuas na orientação do corpo são comportamentos comumente utilizados por ungulados criados em ambientes áridos para manutenção da temperatura corporal e do balanço hídrico (Moloney et al., 2005; Cain et al., 2006). Ao longo do dia, os animais podem ajustar-se em relação à posição do sol e direção do vento, principalmente, no intuito de aumentar ou diminuir a carga térmica que incide na superfície do pelame e otimizar a transferência de calor por convecção (Kennedy e Day, 1989; Moloney et al., 2005; Keren e Olson, 2007; Hertem et al., 2011).

O equilíbrio térmico no animal é obtido pela dinâmica nos processos de ganho e perda de calor para o ambiente, ou seja, o aporte de calor recebido (através dos mecanismos de radiação por ondas longas e curtas, convecção e em menor proporção, condução) pela quantidade de calor que é dissipado através dos processos sensíveis e latentes (Silva e Maia, 2012). Neste sentido, quando os animais se encontram acima da faixa de temperatura crítica superior, as perdas evaporativas, principalmente a sudorese em bovinos, são acionadas de forma mais intensa para manutenção de seu equilíbrio térmico (Maia et al., 2005a). A perda de calor por evaporação em bovinos e ovinos ocorre principalmente no nível da epiderme, respondendo por, aproximadamente, 80% da perda total em condições de estresse por calor (McLean, 1963; Finch, 1985; Maia et al., 2005a).

Assim, objetivou-se a partir desta revisão, abordar aspectos ligados a aclimatização e termorregulação de bovinos leiteiros criados na zona intertropical.

Aclimatização de bovinos leiteiros em ambiente tropical

O ambiente tropical é representado por uma faixa denominada intertropical, localizado entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, nos paralelos de aproximadamente 23,27° norte e sul, respectivamente (Silva, 2000a). As regiões que compreendem o clima tropical são o México, América Central e a maior parte da

América do Sul (centro e norte), incluindo grande parte do território brasileiro, África (exceto os extremos norte e sul), Ásia (sul e sudeste), norte da Austrália, além de centenas de ilhas dos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico (Figura 1). O clima tropical característico dessas regiões apresentam temperaturas elevadas e a temperatura média ao nível do mar dificilmente fica abaixo de 18°C (Ayoade, 1986).

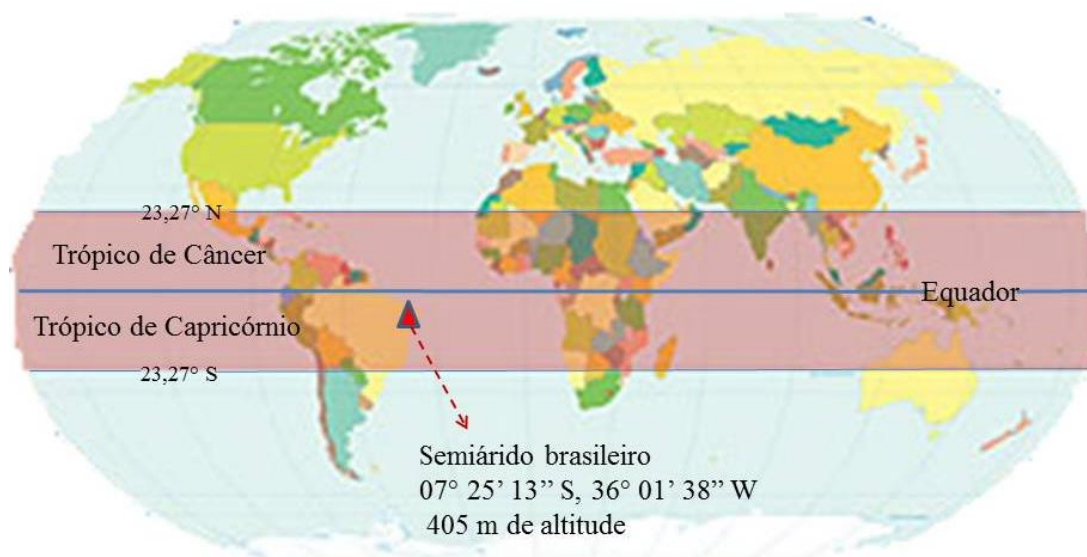


Figura 1. Distribuição geográfica da zona intertropical. Adaptado de Wikimedia Commus.

A produção animal nos trópicos é alvo de estudos que objetivam entender melhor como tal condição específica de ambiente influencia na resposta animal (Amakiri e Funsho, 1979; Finch, 1986; Silva, 1999; Silva, 2000b; Silva et al., 2001; Maia et al., 2003; Maia et al., 2005a; Silva e Maia, 2011; Silva et al., 2014; Oliveira et al., 2014). Nas condições de clima tropical, os fatores ambientais geralmente são incompatíveis com a amplitude ideal de conforto térmico para ótima eficiência no desempenho de bovinos leiteiros especializados (Aguiar et al., 2003). A expressão do potencial de produção leiteira em bovinos é influenciada por fatores ambientais como: velocidade do vento, chuva, pressão atmosférica, nebulosidades, sendo as altas temperaturas, umidade do ar elevada e a intensa radiação solar (ondas curtas) os que impõem maior efeito térmico sobre os animais (Finch, 1984; Aguiar et al., 2003; Silva, 2011). Ademais, em escala regional ou local outros fatores podem ser acrescentados: altitude, relevo, latitude, maritimidade, continentalidade, tipo de solo, vegetação, dentre outros. (Vianello e Alves, 1991; Ferreira, 2005). Assim, conhecer e entender como a

dinâmica de tais variáveis climáticas afetam o desempenho do animal é uma condição que deve ser considerada em um sistema de produção pecuária nos trópicos, por se tratar de um fator limitante (Barbosa et al., 2004; Neiva et al., 2004; Nóbrega et al., 2011), sobretudo, em um sistema de criação a campo aberto (Silva, 1999).

Os elementos climáticos do semiárido brasileiro apresentam pequenas variações anuais (exceto, o índice de pluviosidade), em decorrência da baixa latitude, mesmo considerando sua grande extensão territorial (974.752 Km²). Essa região se caracteriza pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, evaporação de 2.000 mm.ano⁻¹, umidade relativa do ar média em torno de 50%, insolação média de 2.800 h.ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23 a 27°C, com máximas que podem ultrapassar os 40°C, e radiação média anual em torno de 600 W.m², sendo que boa parte do ano pode ultrapassar 1.200 W.m⁻² (Moura et al., 2008). Tais condições são apontadas como os principais agentes de estresse térmico envolvidos na diminuição da produção de leite e no comprometimento do bem-estar de vacas leiteiras criadas no semiárido brasileiro (Silva, 2011).

Neste sentido, Silva (2000a) destaca que a temperatura do ar é um dos elementos climáticos mais importantes na avaliação da condição térmica do ambiente, por promover alterações metabólicas, fisiológicas e comportamentais nos animais. Contudo, apesar de ser considerado como o elemento meteorológico mais importante isoladamente, seu efeito está intimamente ligado e dependente da concentração de umidade na atmosfera. Para organismos que dependem principalmente dos processos evaporativos para controlar a temperatura corporal, a umidade do ar passa a ter papel fundamental. Em ambiente quente e seco, condição predominante em grande parte do ano no semiárido, a evaporação ocorre rapidamente, porém em ambiente quente e úmido, a evaporação se processa lentamente, reduzindo significativamente a eficiência da termólise evaporativa.

Quanto ao calor ganho do ambiente durante o dia, a maior parte é proveniente da radiação solar direta. Esta é transferida por meio da energia eletromagnética de ondas curtas na faixa de 0,3 a 4,0 μm, ou seja, aquela que atinge a Terra sem qualquer interação com a atmosfera; enquanto, as ondas longas, aquelas emitidas por animais, objetos, instalações, solo e pastagens, correspondem à faixa de 4,0 a 100 μm e exerce menor efeito no balanço térmico animal em comparação às ondas curtas (Silva, 2000a; Baêta e Souza, 2010). Oliveira et al. (2014) avaliaram o nível de radiação de ondas curtas que vacas Holandesas voluntariamente toleram quando em condições de pastejo,

no semiárido brasileiro, e concluíram que estas procuram sombra quando a radiação solar atinge o intervalo de 500 a 700 W.m⁻². Neste sentido, a radiação de ondas curtas representam 297,9 W.m⁻² ou 46,6% do total de radiação absorvida por vacas expostas ao sol. Ademais, aproximadamente 65% do total de radiação de onda curta vêm da radiação solar direta (Silva et al. 2010).

As nuvens, as moléculas do ar e os poluentes espalham a radiação solar direta em todas as direções, configurando assim, a radiação difusa. Esse tipo de radiação aumenta no período chuvoso, devido à maior concentração de nuvens. Entretanto, no período seco, a radiação solar direta está mais intensa, condição que impõe maior carga radiante sobre os animais (Baccari Junior, 2001; Silva et al., 2007).

Outro elemento climático importante é o vento. A velocidade do ar está associada diretamente ao grau de conforto térmico dos animais em virtude de ser fundamental para determinação das trocas de calor por convecção e evaporação. Silva (2000a) afirma que a termólise evaporativa é favorável quando a velocidade do vento aumenta sobre a pele, sendo maior quando a pele está úmida. Neste contexto, McDowell (1975) aponta que a faixa entre 1,3 e 1,9 m/s é considerada ideal para a maioria dos animais domésticos. No entanto, Hahn (1985) sugere velocidade do ar de 2,2 m/s como ótima para produção de bovinos leiteiros.

De acordo com Silva (2000a), o ambiente é dinâmico e complexo em seus vários aspectos, sendo que as condições podem variar em um mesmo dia quanto à temperatura, umidade, insolação e vento. Portanto, a proteção do organismo deve ser também dinâmica e mutável, capaz de ajustar-se de alguma forma a essas variações ambientais. Dessa maneira, a capacidade de ajustar-se ao ambiente se deve ao processo de adaptação, que do ponto de vista biológico, pode ser definida como a associação entre as características anatômicas, morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais visando promover o bem-estar e facilitar a sobrevivência animal em determinado ambiente. Segundo Glessler et al. (2004), a adaptação promove ajustes num organismo de acordo com a condição no qual está inserido. Esses ajustes podem ocorrer em nível genético favorecendo toda a população, ou apenas fenotipicamente de modo a favorecer apenas o indivíduo. Assim, a adaptabilidade está estritamente relacionada com as suas características anatomofisiológicas e se elas são compatíveis ou não com o novo ambiente.

O bovino holandês de hoje não é o mesmo de 30 anos atrás; a seleção natural, aquela que envolve modificações evolutivas em muitas gerações, e a seleção artificial, a

que promove aquisição de propriedades genéticas específicas, contribuíram para que esses bovinos tenham se tornado mais tolerantes ao efeito térmico em ambientes tropicais (Silva, 2000a). Contudo, características que conferem tolerância ao animal seguem caminho inverso aos da produção, ou seja, geralmente quanto mais resistente é o animal menor é sua produção de leite. No entanto, são os animais tolerantes ao calor os mais indicados para serem criados em campo aberto (Silva, 1999), como ocorre na maior parte do semiárido. Por isso, os criadores brasileiros têm procurado combinar as características desejáveis das raças europeias e zebuínas por meio da produção de animais mestiços, geralmente utilizando as raças Holandesa e Gir. Pois, os zebuínos são capazes de regular melhor a temperatura corporal em resposta ao estresse térmico por calor em comparação aos taurinos, devido à baixa produção de calor metabólico e maior capacidade de transpiração (Hansen, 2004).

O cruzamento zebu x taurino foi feito no intuito de aumentar o potencial de produção de leite nos trópicos. Os animais resultantes do cruzamento entre espécies Holandesa e Gir, seja o Girolando ou outro grau de cruzamento, mostram boa adaptação e contribuem com uma parte expressiva do leite produzido no país. O rebanho mestiço representa 95% do rebanho de gado leiteiro no Brasil, sendo responsável por cerca de 70% da produção de leite (Alvim et al., 2005), com predominância da raça Holandesa. No entanto, a diferente composição genética dos vários grupos que constituem a maior parte do rebanho leiteiro brasileiro pode resultar em diferentes respostas ao estresse térmico, em particular para os grupos com a genética mais próxima dos taurinos.

Neste viés, Hansen e Lander (1988) destacam que um dos principais atributos que afetam a resistência dos bovinos leiteiros ao ambiente quente é a natureza da superfície cutânea. Finch (1985), assim como Hafez (1968), afirma que o pelame representa a fronteira entre o ambiente climático e o corpo dos animais e por isso pode influenciar profundamente o balanço térmico dos mesmos, sendo seu papel termorregulador dividido em dois processos: proteção contra o excesso de absorção da radiação solar e dissipação do excesso de calor da superfície do animal.

Neste contexto, há alguns aspectos inerentes à superfície cutânea que são desejáveis para bovinos criados em ambientes quentes: epiderme pigmentada, pelos curtos e grossos de cor clara e bem assentados, pequena espessura da capa e alta densidade de pelos, além de aspectos relacionados às glândulas sudoríparas como volume, atividade e densidade. Essas são características que até agora têm sido consideradas favoráveis à proteção contra a radiação solar e otimizam o processo de

termólise (Villares, 1986; Viana, 1990; Silva, 2000a).

A cor do pelame é a principal característica envolvida nos processos de tolerância ao calor, uma vez que determina até que grau a proporção de radiação solar incidente sobre a superfície do animal é absorvida pelo mesmo. Hansen e Lander (1988) afirmam que há cerca de 40% a mais de reflexão em pelagens brancas em comparação às pelagens pretas de mesmo comprimento e textura. Contudo, percebe-se a maior procura por vacas de pelagem predominantemente pretas nas regiões de clima tropical, pelo fato que são mais resistentes aos efeitos da radiação ultravioleta (UV), apesar de absorver maior parte da radiação incidente, aproximadamente 93%, enquanto a branca apenas 35% (Silva et al., 2003).

Vacas malhadas de pelame branco apresentam sob essas áreas epiderme despigmentada. Aliás, animais de raças europeias, como a Hereford e a Holandesa, apresentam melanócitos também nas áreas despigmentada, mas a atividade desses melanócitos está bloqueada por fatores gênicos (Schleger e Bean, 1973), condição que torna essas raças mais vulneráveis aos efeitos danosos da radiação UV, com maior ocorrência de melanomas. No entanto, a maior ou menor pigmentação cutânea deve-se à quantidade de grânulos de melanina, e não ao número de melanócitos (Façanha et al., 2010). Silva et al. (1988) observaram que, em animais da raça Holandesa, a epiderme sob as áreas brancas apresentava queimaduras intensas, devido a menor quantidade de melanina na pele.

Analisando a transmissão de radiação ultravioleta através da epiderme de bovinos mantidos em ambiente tropical, Silva et al. (2001) constataram que epidermes de cor negra apresentam baixa transmissão da radiação UV; as de coloração vermelha são bastante permeáveis, quase tanto quanto as despigmentadas. Por fim, esses mesmos autores recomendam que em um ambiente caracterizado por altos níveis de radiação ultravioleta, a combinação mais adequada para bovinos leiteiros é um pelame de cor branca, sobre uma epiderme de cor negra. Na impossibilidade desta combinação, um pelame de cor negra é a alternativa mais desejável.

No que se refere às glândulas sudoríparas em bovinos, características como volume, atividade e densidade são primordiais. Quando um animal é submetido a altas temperaturas, ocorre incremento no aporte sanguíneo para a epiderme, o que proporciona às glândulas sudoríparas uma quantidade adicional de matéria-prima, estimulando sua ação. A quantidade de suor produzido depende também do número de glândulas sudoríparas ativas: animais que vivem em locais constantemente sujeitos a

altas temperaturas tendem a apresentar maior densidade numérica de glândulas sudoríparas (Silva, 2000a).

Cuidados com a ambiência

Vilella et al. (1996) destacam que com a tendência de especialização do setor leiteiro, tem-se observado aumento no número de sistemas intensivos de produção de leite, em que animais de alto potencial genético são mantidos em regime de confinamento, com alimentação oferecida no cocho. Essa alimentação baseia-se, principalmente, em forragens conservadas, como silagem e fenos, suplementadas com concentrado. No entanto, deve-se ressaltar que os custos de implantação dos sistemas de produção de leite de vacas em confinamento são elevados, não apenas pelo fator alimentação, mas também pelo fato que boa parte desses custos deve-se ao fator condicionamento térmico, visando promover o conforto térmico no interior das instalações para os animais.

As instalações rurais localizadas em regiões de clima tropical devem considerar a elevada temperatura do ar e a radiação solar ocorridas durante o dia e prover o adequado isolamento destas variáveis dentro das instalações. Por outro lado, a associação de alta umidade relativa do ar (dias chuvosos) exige que as instalações apresentem boa ventilação para favorecer o conforto do ambiente interno, além de outras condições fundamentais como orientação, espaço, piso, altura de pé direito, telhado, cochos de alimentação e água e sistema de manejo de dejetos (Martello, 2006).

Ademais, a produção de leite em ambiente tropical pode ser melhorada a partir do uso de estratégias de manejo que possam minimizar os efeitos das variáveis climáticas que afetam a produção, sendo uma delas a modificação física do ambiente. Diversas modificações físicas do ambiente podem ser utilizadas com a finalidade de reduzir a severidade dos efeitos do calor sobre o animal, proporcionando um ambiente que contribua para a alta eficiência de produção. Dentre elas, o sombreamento (natural ou artificial), ventilação (natural ou forçada) e resfriamento evaporativo.

Segundo Pinheiro (2012), o sombreamento, seja natural ou artificial, é considerado essencial para minimizar as perdas na produção de leite, na qualidade do leite e na eficiência reprodutiva, aliviando os efeitos negativos do calor sobre as vacas leiteiras, principalmente quando criadas a pasto ou confinadas a céu aberto. O principal objetivo do sombreamento é proteger o animal contra a intensa radiação solar, além de

otimizar a movimentação e o resfriamento do ar quando se faz uso de árvores (Tucker et al., 2008). A ventilação, natural ou forçada, dentro de um abrigo é importante em temperaturas elevadas e alta umidade, pois promove a remoção da umidade, dispersão dos gases e dispersão do excesso de calor.

Em algumas regiões, principalmente no verão, a utilização de métodos artificiais de resfriamento nas instalações torna-se necessária para alcançar as condições ideais de conforto térmico para vacas leiteiras. Para isso, os sistemas de resfriamento evaporativo podem ser agrupados em “mist” (nebulização de baixa a média pressão), “fog” (nebulização de alta pressão) e “sprinkling” (aspersão). A diferença entre os sistemas “mist” e “fog” é basicamente o tamanho das gotas. O sistema de nebulização de alta pressão (fog) é o método mais eficiente de resfriamento do que o de baixa a média pressão (mist), porém é mais caro e requer maior manutenção. O uso de aspersão ou de nebulização associados a sistemas de ventilação forçada, podem ser bastante eficientes no resfriamento das instalações (Pinheiro, 2012).

Contudo, é importante ressaltar que a alteração do ambiente a ser adotada deve considerar as condições climáticas, o sistema de produção, a raça do animal e o nível de produção, e acima de tudo a relação custo/benefício para que a tomada de decisão seja mais eficiente.

Exigências térmicas de bovinos leiteiros

Todos os organismos regulam sua temperatura corporal interna para manter uma temperatura relativamente constante dentro de um pequeno intervalo, de modo que a taxa de ganho ou de calor produzido tem que ser equilibrado com o calor perdido para o ambiente (Silva, 2000a). Os animais são geralmente divididos em animais ectotérmicos ou endotérmicos, com base em como eles mantêm sua temperatura corporal interna. Ectotérmicos, antes conhecidos como "sangue frio", são animais que regulam a sua temperatura corporal principalmente por meio de mecanismos comportamentais que alteram a troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, a expemplo de invertebrados, anfíbios, répteis e peixes. Endotérmicos, antes chamados de “sangue quente”, como aves e mamíferos, são capazes de gerar calor internamente. As membranas celulares permeáveis e uma maior quantidade de enzimas e de isolamento (pelos, penas e gordura subcutânea) contribuem para que os endotérmicos tenham uma taxa metabólica basal maior que animais ectotérmicos, permitindo-lhes manter a temperatura corporal

relativamente constante independente da condição térmica do ambiente que os rodeiam, processo este denominado de homeotermia (Nagy, 2004; Norris e Kunz, 2012).

De acordo com Speakman (2004), cada espécie tem uma temperatura ideal em que os processos celulares são normalmente mantidos para otimizar o uso de energia. A transferência de calor através da superfície do corpo deve ser equilibrada para que não promova no indivíduo um ganho ou perda de calor extremo. Dessa maneira, a maioria dos organismos tenta manter-se dentro de uma faixa favorável de temperatura. Para homeotérmicos, isto é conhecida como a zona termoneutra. Dentro desta faixa ocorre a chamada zona de máxima compensação metabólica, situação em que uma maior percentagem da energia disponível é encaminhada para produção ao invés de ser direcionada para os processos de termorregulação.

Nãas (1989) considera que a zona termoneutra para bovinos leiteiros especializados estaria entre 4 e 24°C, podendo ser restringida entre 7 e 21°C em função da umidade relativa do ar e radiação solar, enquanto, Baêta e Souza (2010) consideram a faixa de 5 a 25°C como sendo a zona de termoneutralidade. Entretanto, ao considerar a formação da raça Girolando e mestiços em que se têm a raça Holandesa e Gir, as mesmas têm possivelmente uma exigência de temperatura ambiente intermediária entre os taurinos e zebuínos. Segundo Silva (2000a), para taurinos é de -6°C e 27°C, e zebuínos tem-se valores de 7°C a 35°C. Neste contexto, Azevedo et al. (2005) apresentaram valores críticos superiores de índice de temperatura e umidade (ITU) de 80, 77 e 75 para bovinos 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês x Zebu, respectivamente. No entanto, ITU de 72 já é considerado crítico para bovinos puros da raça Holandesa.

Quando a temperatura ambiente encontra-se abaixo da mínima de conforto (5°C), mecanismos de controle térmico são ativados pelo sistema nervoso central do animal como a produção de energia térmica corporal (termogênese) e a vasoconstrição que diminui a circulação sanguínea superficial e, conseqüentemente, a transferência de energia térmica do interior do corpo para o ambiente (Silva, 2000a; Baêta e Souza, 2010).

Quando ultrapassado o limite crítico superior (25°C), ocorre a vasodilatação (dilatação das veias cutâneas) no animal, aumentando, assim, o fluxo sanguíneo, já que a energia é transportada mais rapidamente através do corpo pela corrente sanguínea e os mecanismos de perda de calor (termólise) como a evaporação cutânea e respiratória também são eficientes (Medeiros e Vieira, 1997; Baêta e Souza, 2010). Nesta situação, os neurônios inibem os mecanismos de ganho e ativam os mecanismos de perda de

energia, exercendo importante papel integrador de todas as informações oriundas das várias regiões do organismo além de ser inerentemente sensível às alterações térmicas locais (Lucena, 2013).

Mecanismos de transferência de calor

Nos animais endotérmicos, os mecanismos de termorregulação ou de controle da temperatura encarregam-se de manter certa estabilidade na temperatura das várias regiões do corpo, apesar das oscilações na temperatura ambiente. As trocas de energia térmica do animal com o ambiente são realizadas na forma de calor sensível, através da condução, convecção e radiação, e na forma de calor latente por evaporação cutânea e respiratória. As perdas de calor sensível são reguladas pelo gradiente de temperatura enquanto que aquelas por evaporação são controladas pelo gradiente de pressão de vapor (Silva, 2000a; Maia et al., 2005a).

O fluxo de calor sensível depende da existência de um gradiente de temperatura entre o animal e o meio, sendo a energia térmica transferida de um corpo com temperatura maior para outro com menor (Incropera et al., 2008).

O mecanismo de transferência de calor por radiação é realizado através da emissão de ondas eletromagnéticas que apresentam diferentes comprimentos, sendo quanto menores estes maior a energia emitida pelo corpo; nos animais a emissão de calor ocorre através de ondas longas (Silva, 2008). As ondas são irradiadas pelos átomos e moléculas como resultado de modificações no seu conteúdo energético. A quantidade de radiação emitida depende da natureza do material, da constituição física e da temperatura absoluta da superfície emissora (acima de zero absoluto: $-273,15^{\circ}\text{C}$ ou 0°K). No que se concerne à radiação térmica incidente, uma superfície pode comportar-se de três modos: refletindo a energia nela incidente, absorvendo essa energia e transmitindo a energia (Silva, 2000a). Nos mamíferos, essas propriedades podem ser influenciadas pelo pelame, pelas cores e pela presença de água na superfície irradiada (Norris e Kunz, 2012).

Por meio da condução, a troca de calor acontece através do contato entre corpos pela energia cinética da movimentação das moléculas. Esse fluxo passa das moléculas de alta energia para aquelas de baixa energia, ou seja, de uma zona de alta temperatura para outra de baixa temperatura (Silva, 2000a). Animais podem ganhar ou perder calor por condução com superfícies e objetos no ambiente em que eles entram em contato.

Contudo, a condução é um eficiente mecanismo para dissipar calor no corpo do animal, ou seja, o contato das moléculas no interior do corpo conduz o calor para fora, em direção à superfície da pele. Ajustes no comportamento que alteram a quantidade de área de superfície exposta, bem como respostas fisiológicas pode aumentar ou diminuir a condução de calor nos animais quer em curtos períodos de tempo ou por variações sazonais (Norris e Kunz, 2012).

De acordo com Medeiros e Vieira (1997) a convecção é o processo pelo qual a energia térmica é transferida por fluidos, líquidos ou gases que absorvem e deslocam a mesma para outros menos aquecidos através da diferença de temperatura, ocasionando mudança na densidade. Como esses processos de transferência de calor dependem de um gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente, tornam-se mecanismos de ganho de calor para o animal se a temperatura ambiental for superior (Azevedo e Alves, 2009). Norris e Kunz (2012) destacam a importância da água no processo convectivo, uma vez que a água conduz 23 a 25 vezes mais calor comparando com o ar, o que torna a água um meio eficiente para a perda de calor pelos animais. Esse fato que pode ser comprovado quando se observa o deslocamento dos animais, principalmente bovinos leiteiros, para as fontes de água durante os períodos de radiação solar intensa e temperatura ambiente elevada.

A dissipação de calor latente depende do gradiente de pressão de vapor da água presente no meio, ou seja, porcentagem de umidade relativa do ar, já que a energia térmica é transferida através da difusão de moléculas sem alteração da sua temperatura. A perda de calor latente por meio da evaporação pode ocorrer por dois processos: por meio da superfície da epiderme e do trato respiratório, caracterizando a evaporação cutânea e respiratória, respectivamente (Silva, 2000a).

É sabido que a perda de calor por evaporação em bovinos e ovinos ocorre principalmente na epiderme, respondendo por, aproximadamente, 80% da perda total (McLean, 1963; Silva e Starling, 2003; Maia et al., 2005a). Entretanto, a evaporação sobre uma epiderme coberta por pelos não ocorre da mesma forma que em superfície lisa e exposta, pois, acima da epiderme existe uma camada de pelame à qual adiciona resistência à difusão do vapor (Ligeiro et al., 2006).

Em estudos com vacas Holandesas, Maia et al. (2005a) observaram que a perda de calor por evaporação cutânea foi responsável por 20-30% da perda total de calor quando a temperatura do ar permaneceu entre 10 e 20°C, sendo o restante perdido como calor sensível. Sob altas temperaturas ambientais a perda de calor sensível torna-se um

meio de ganho de calor, quando estas temperaturas estão perto ou maior do que a temperatura do corpo, como é frequentemente o caso em regiões tropicais. Sob esta condição a evaporação cutânea torna-se o principal meio de perda de calor, sendo responsável por aproximadamente 85% da perda total de calor latente, enquanto o resto se perde por evaporação respiratória (Figura 2).

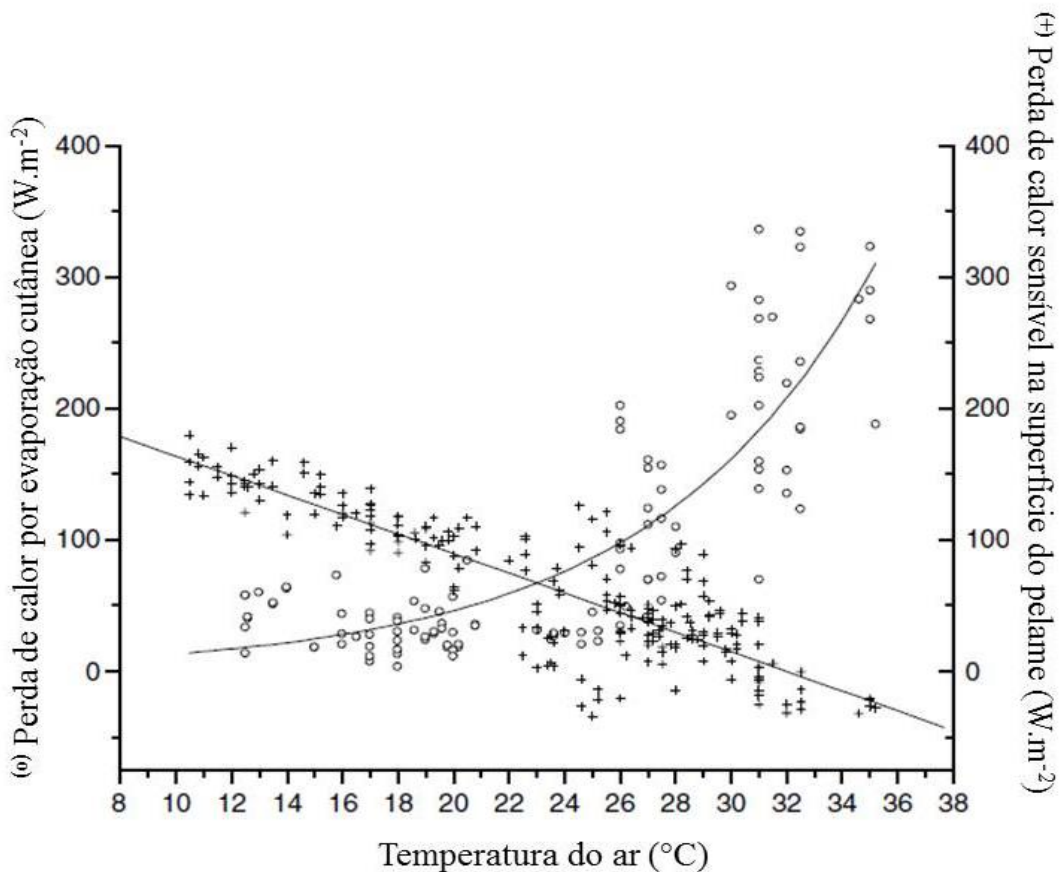


Figura 2. Perda de calor latente (o) e de calor sensível (+) sobre a superfície do corpo de vacas Holandesas em função da temperatura do ar. Adaptado de Maia et al. (2005a).

A umidade atmosférica influencia o balanço térmico em ambientes quentes em que a perda de calor por evaporação é crucial à homeotermia (Young, 1988). Maior pressão de vapor devido à alta umidade do ar conduz a uma menor evaporação da água presente no animal para o meio, tornando o resfriamento do mesmo mais lento. Portanto, uma pressão de vapor menor proporciona um resfriamento mais rápido no animal em decorrência da maior taxa de evaporação da água através da pele e do aparelho respiratório (Rodrigues et al., 2010).

De acordo com Rodrigues et al. (2010), em relação à perda de energia térmica por evaporação nos animais, a ofegação é um dos primeiros mecanismos que utilizam o calor latente de vaporização da água para aumentar essa dissipação de energia térmica. O ar inspirado pelos animais ao passar pelas vias nasais, laringe, traqueia e grandes brônquios que apresentam superfícies úmidas e onde ocorre uma evaporação prévia dessa umidade, resfria-se sendo eliminado a uma temperatura levemente mais baixa que a interna e completamente saturado (Silva, 2000a). Starling et al. (2002) consideram que o volume de ar inspirado, a temperatura corporal e a umidade do ar são fatores importantes durante a evaporação no trato respiratório. Como a eliminação de calor pelo sistema respiratório ocorre com a elevação da taxa de respiração, aumenta-se o fluxo respiratório, ou seja, o número dos ciclos respiratórios a cada minuto.

Em uma região semiárida com a temperatura do ar de 33,1°C e do globo negro de 44,8°C, vacas leiteiras aumentaram sua frequência respiratória para 78,8 respirações.minuto⁻¹ comparando com 36,6 respirações.minuto⁻¹ encontrada em ambiente a 23,2°C (Silva et al., 2012). Foi verificado também que bovinos mantidos em ambiente com temperatura de até 30°C a perda de calor por evaporação respiratória corresponde a cerca de 20% (Finch, 1985; Maia et al., 2008).

Sabe-se que a proporção de transferência de calor pelas vias sensíveis e latentes é controlado, substancialmente, pelas condições ambientais, sendo a temperatura, a umidade relativa do ar e a radiação solar os agentes que exercem maiores influências térmicas sobre os animais. Finch (1985) aponta que sob temperaturas ambientais demasiadamente elevadas o equilíbrio térmico dificilmente pode ser atingido e, nestas circunstâncias, o calor em excesso pode ser armazenado nos tecidos corporais. Portanto, animais adaptados permitem que sua temperatura corporal se eleve durante o dia, quando chega à noite, momento que as temperaturas ambientais estão mais amenas, esse calor estocado é eliminado (Silva, 2000a).

Os princípios gerais para os mecanismos de transferência de calor são bem conhecidos (Turnpenny et al. 2000), mas o conhecimento da transição entre evaporação e perda de calor não evaporativo por vacas da raça Holandesa em condições de campo deve ser mais estudados. A maioria dos estudos sobre a perda de calor em bovinos foram feitos em câmaras climáticas, onde a temperatura do ar, umidade, radiação e vento podem ser facilmente controladas, entretanto estas variáveis não podem ser controladas em ambientes naturais (Maia et al., 2008).

Os métodos geralmente empregados na avaliação das perdas térmicas por evaporação respiratória envolvem o uso de máscara ou de câmaras de respirometria, (Hammarlund et al., 1986), enquanto a determinação da evaporação cutânea pode ser feita em câmaras silimares às da respiração ou por meio de cápsulas ventiladas (Hofmeyr et al., 1969). Entretanto, esses métodos diretos requerem o ambiente de laboratório, sendo quase impossível avaliar a perda de calor latente de animais a campo utilizando estes métodos (McLean, 1963). Neste sentido, Maia et al. (2005b) desenvolveram modelos matemáticos que permitem determinar a perda de calor por evaporação respiratória em vacas Holandesas criadas em ambiente naturais, utilizando os dados de variáveis ambientais e frequência respiratória. Silva e Maia (2011) apresentam modelos de predição que estimam a perda de calor por evaporação cutânea, levando em consideração valores de temperatura de superfície dos animais, assim como os valores das condições climáticas a que estes animais estão submetidos. Esses métodos indiretos de avaliação de fluxo de energia térmica, realizados por meio de máscaras de respiração (respirometria), são fundamentais para avaliar como os animais criados a campo interagem termicamente com o ambiente, sem a necessidade de estarem em ambiente de laboratório.

Por fim, deve-se salientar que o conhecimento sobre o fluxo de calor (sensível e latente) de vacas especializadas manejadas em condições naturais, nas regiões intertropicais, pode contribuir para os programas de melhoramento genético de gado de leite nos trópicos, incluindo características de aptidão que são mais favoráveis ao equilíbrio térmico dos animais (Maia et al., 2008).

Comportamento de termorregulação

Os ungulados em climas áridos e semiáridos são desafiados a manter a temperatura corporal dentro de limites fisiologicamente aceitáveis, e, ainda minimizar a perda de água (Feldhamer et al., 1999). Em resposta aos fatores ambientais, ungulados adaptados aos ambientes árido e desértico usam uma variedade de mecanismos fisiológicos, morfológicos e comportamentais para lidar com as condições ambientais que podem resultar em estresse por calor e desidratação (Cain et al., 2006).

Dentre os mecanismos adotados pelos animais para controlar a temperatura corporal, o comportamento apresenta considerável importância. Logo, a termorregulação comportamental é a estratégia primária de um animal para lidar com as

mudanças no ambiente térmico. Isto tem sido documentado em todos os tipos de espécies, desde pequenos insetos ectotérmicos (Willmer, 1991) até grandes mamíferos endotérmicos (Maloney et al., 2005; Cain et al., 2006; Tapki e Sahin, 2006).

A restrição das atividades diurnas para períodos em que reduzem a carga de calor diária e perda de água, assim como seleção de dieta, uso de microhabitats, e orientação do corpo são comportamentos comumente usados por ungulados, em ambientes de altas temperaturas, para manter a temperatura corporal e o balanço hídrico dentro de padrões normais (Sargeant et al., 1994; Cain et al., 2006). Durante os períodos mais quentes e secos do ano, os animais tendem a gastar uma proporção menor de horas em suas atividades diurnas, mudando seus padrões de atividade passando a ser mais ativos em períodos crepusculares e noturnos (Cain et al., 2006), estratégia que diminui a carga térmica causada por fatores ambientais como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar. O comportamento animal em combinação com as medidas de carga térmica, como a temperatura corporal, pode fornecer informações sobre como e quando amenizar o estresse térmico para os animais.

O padrão de procura de alimento por bovinos leiteiros é bem característico, tendo uma alimentação sincronizada com o horário de ordenha. Esse fato pode ser observado tanto em condições de pastagem quanto em confinamento, e em qualquer estação do ano. Em animais confinados, essa procura também ocorre quando é fornecida a alimentação no comedouro pela manhã (Perera et al., 1986). Fraser e Broom (1990) relatam que vacas estabuladas passam em torno de 5 horas comendo, com ritmo diurno de alimentação semelhante aquele quando em pastejo, sendo que Pires et al. (2001), comparando animais em confinamento e em pastejo, encontraram em média 4,6 e 6,2 horas respectivamente em cada ambiente.

Contudo, o comportamento alimentar pode sofrer variação em função das condições do ambiente, animais submetidos a altas temperaturas e intensa radiação solar pastejam em períodos de temperaturas mais amenas, como nos períodos matutinos, noturnos e crepusculares, para mitigar a carga térmica incidente sobre os mesmos. Assim como as vacas mudam a rotina alimentar durante os dias mais quentes do ano, diminuindo o consumo de alimento para reduzir a produção de calor endógeno, em dias ou regiões de clima frio, os animais aumentam a ingestão de nutrientes, o que conseqüentemente gera calor que contribui para manter a temperatura corporal normal (Kadzere et al. 2002).

A ruminação é a atividade que envolve a regurgitação, a mastigação e a passagem do alimento previamente ingerido, para o interior do rúmen. O tempo total de ruminação pode variar de 4 a 9 horas, sendo dividido em períodos com duração de minutos a uma hora ou mais (Fraser e Broom, 1990). No inverno, a percentagem de vacas ruminando é maior em comparação ao verão e os animais permanecem mais em ócio no verão que no inverno, condições que possivelmente visam aumentar ou diminuir a carga de calor produzido. (Perera et al. 1986). Além disso, procurando aumentar a perda de calor no verão, as vacas passam maior tempo na posição em pé (ruminando ou em ócio), ao contrário no inverno, época em que elas preferem ficar deitadas, expondo assim menor área de superfície corporal as correntes de vento (Perera et al. 1986).

Analisando a postura de vacas leiteiras Tucker et al. (2008), descobriram que o tempo em pé parado aumentou 10 por cento (13,8 a 15,3 horas por dia) quando a carga de calor aumentou 15%. Bewley et al. (2010) observaram que as vacas passam mais tempo em pé, seja quando estão ruminando ou em ócio, para aumentar a perda de calor através do aumento da quantidade de pele exposta ao fluxo de ar ou vento (termólise convectiva).

Outra estratégia comportamental utilizada pelos animais para se manter em equilíbrio térmico corporal é abrigar-se sob estruturas de sombreamento, quando disponíveis, sejam elas naturais ou artificiais. Segundo Baêta e Souza (2010), não há melhor sombra do que a natural (árvores), pois a vegetação transforma a energia solar, através do processo fotossintético, em energia química, reduzindo a incidência de radiação durante o dia, e na ausência de árvores nas pastagens, a proteção aos animais contra a radiação direta pode ser feita de forma artificial, através de abrigos com material de coberturas diversos (madeira, tela sombrite, telha cerâmica, dentre outros), podendo, de acordo com as suas características de isolamento térmico, absorção e refletividade da radiação solar, reduzir aproximadamente 30% da carga térmica radiante, quando comparado à carga radiante recebida pelo animal ao ar livre.

Vacas usam sombra prontamente quando dado acesso a ela, e o fornecimento de sombra pode aliviar os efeitos negativos da carga térmica (Kendall et al, 2006; Tucker et al, 2008). Vários tipos de sombra, como árvores ou estruturas feitas pelo homem, criam diferentes microclimas e estudos têm mostrado que as vacas preferem tipos específicos de sombra. Por exemplo, Shearer et al. (1991) relataram que as vacas preferem sombra de árvores, em vez de estruturas feitas pelo homem, devido à eficácia no bloqueio da radiação solar e da evaporação a partir de folhas, que arrefece o ar

circundante. Há evidências que o acesso de vacas leiteiras a sombra em clima quente é de grande valia, estas optam por ficar na sombra na posição deitada e podem permanecer nesta condição por até 12 horas diárias (Schütz et al., 2008).

Qualquer copa de árvore ou outro tipo de sombra que consiga reduzir os índices e variáveis ambientais, representa papel importante na pecuária leiteira, pois no que se refere particularmente a temperatura de globo negro (TGN), Barbosa et al. (2004) lembram que TGNs iguais ou próximas a temperatura corpórea, impedem a perda de calor do animal por condução, convecção e radiação durante o período da tarde, obrigando-os a perder calor por evaporação, para tanto, os animais tem que aumentar a sudorese e a sua frequência respiratória, representando um quadro, em uma avaliação simplista, de no mínimo estresse moderado.

Ainda no contexto comportamental da termorregulação, alguns estudos comprovaram que animais usam métodos simples para regular a temperatura interna, como a orientação do corpo ou as alterações posturais para equilibrar o ganho de calor oriundo da radiação solar, por exemplo, os ectotérmicos como as borboletas (Ohsaki, 1986) e lagartos (Waldschmidt, 1980); e os endotérmicos como as aves (Fotin et al., 2000), pequenos mamíferos (Brown e Downs, 2007), ruminantes africanos (Moloney et al., 2005; Hertem et al., 2011), bovinos (Kennedy e Day, 1989; Keren e Olson, 2007).

O comportamento de orientação em relação à incidência da radiação solar permite que um animal possa ajustar eficazmente a quantidade de calor radiante ganho de um ambiente. Em ambientes frio, animais podem facilitar a absorção de calor, apresentando o eixo longo do seu corpo perpendicular à radiação solar incidente. Por outro lado, em ambientes quente, os animais podem reduzir a área de superfície exposta à energia solar radiando orientando o eixo longo do seu corpo paralelo aos raios de sol (Figura 3), minimizando assim a carga de calor (Hertem et al., 2011). Ou seja, os animais ajustam a sua orientação em relação à radiação solar incidente para facilitar ou minimizar o ganho de calor radiante, a fim de manter a temperatura do corpo dentro de um padrão preferido ou ótimo para sua sobrevivência, que para bovinos leiteiros situa-se de 38,0 a 39,0°C (Azevedo et al., 2005).

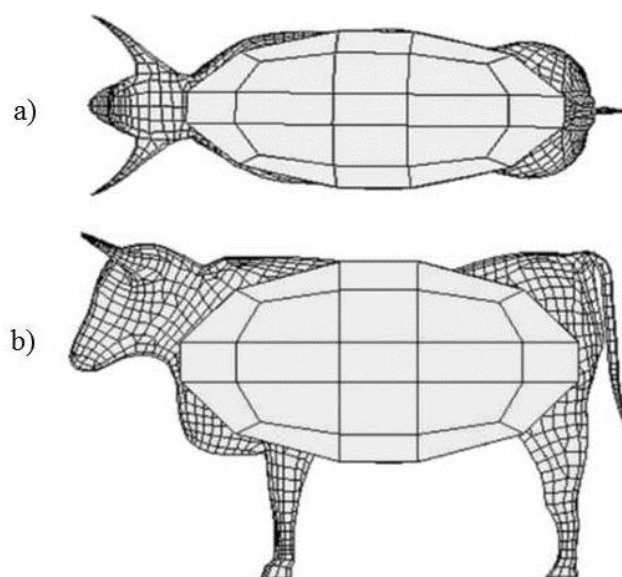


Figura 3. Esquema da incidência da radiação solar em bovinos orientados paralelo (a) e perpendicularmente (b) em relação à trajetória do sol. Adaptado de Keren e Olson (2007).

Maloney et al. (2005) em estudos com gnus preto, animais que habitam a savana, um habitat que tem pouca sombra natural, constataram que estes animais orientam-se paralelo ou perpendicularmente ao sol, dependendo em grande parte da temperatura da pele. Com o aumento da intensidade da radiação solar, gnus são mais propensos a mudar sua posição quando está de pé para que seu corpo fique paralelo aos raios do sol. Ao minimizar a área de superfície exposta à radiação solar em uma orientação paralela, gnus absorvem 30% menos calor radiante comparando se estivessem em uma posição perpendicular. Contudo, estes mesmos autores afirmam que o comportamento de orientação diminui quando há uma fonte segura de água disponível, uma vez que água é um excelente condutor de calor.

Keren e Olson (2007) estudaram a orientação de bovinos em pastejo e a contribuição da radiação solar incidente sobre o balanço térmico destes animais, no inverno, e, apontaram que a radiação solar contribuiu muito para o equilíbrio térmico das vacas, no combate aos efeitos de arrefecimento das baixas temperaturas e altas velocidades do vento. Simplesmente mudando a orientação, o gado pode dobrar sua área de superfície exposta à radiação solar e minimizar a perda de calor por convecção. A contabilização de tais comportamentos, de curto e longo prazo, que atenuem o estresse por frio ou por calor em bovinos criados em ambiente tropical, sobretudo, se mantidos em condições a pasto ou em confinamentos a campo aberto, podem aumentar nossa

compreensão no que se refere aos processos de termorregulação.

Considerações Finais

Altas temperaturas e a intensa radiação solar são os fatores bioclimáticos que mais comprometem a produção animal, sobretudo, quando criados em ambiente tropical em condições de campo. Estudos comprovaram que vacas leiteiras quando estão na zona de termoneutralidade, a principal forma de dissipar o calor é por meio das vias sensíveis, no entanto sob altas temperaturas ambientais a perda de calor sensível torna-se um meio de ganho de calor, nesta condição as vias evaporativas são acionadas e a energia térmica corporal é dissipada. Nestas condições, bovinos procurarem áreas sombreadas, mudam sua orientação e padrões posturais em função da trajetória do sol e ventos, além de mudar seus padrões diários de atividades para manter relativamente constante sua temperatura corporal. Assim, sugere-se que o produtor promova ajustes no manejo e/ou no ambiente físico onde os animais estão inseridos, seja fornecendo sombreamento, ventilação ou resfriamento evaporativo, sendo estas realizadas ou não mediante minuciosa análise da relação custo/benefício.

Referências

AGUIAR, I. S.; BACCARI JUNIOR, F. Respostas fisiológicas e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, Ed. 1, 2003.

ALVIM, M. J.; PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, M. M.; AROEIRA, L. J. M.; CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; GOMES, A. T.; MIRANDA, J. E. C.; RIBEIRO, A. C. C. S. Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvipastoris. Sistema de Produção, n. 7, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leie/LeiteRecriadeNovilhas/alimentacao.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

AMAKIRI, S. F.; FUNSHO, O. N. Studies of rectal temperature, respiratory rates and heat tolerance in cattle in the humid tropics. Animal Production, v.28, p.329-335, 1979.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. I. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do Índice de Temperatura e Umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação, *Revista Brasileira Zootecnia*, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83p.

BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental de vacas leiteiras em climas quentes. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. Ambiente em edificações rurais – conforto animal. 2ª ed. Viçosa: Editora da UFV. 2010. 269p.

BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 26, n. 01, p.115-122, 2004.

BEWLEY, J. M.; BOYCE, R. E.; HOCKIN, J.; MUNKSGAARD, L.; EICHER, S. D.; EINSTEIN, M. E.; SCHUTZ, M. M. Influence of milk yield, stage of lactation, and body condition on dairy cattle lying behaviour measured using an automated activity monitoring sensor. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.77, n.1, p.1-6, 2010.

BROWN, K. J.; DOWNS, C. T. Basking behaviour in the rock hyrax (*Procavia capensis*) during winter. *African Zoology*, v.42, p.70-79, 2007.

CAIN, J. W.; KRAUSMAN, P. R.; ROSENSTOCK, S. S.; TURNER, J. C. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Society Bulletin*, v.34, p.570-581, 2006.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

FINCH, V. A. Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions. In: Gilchrist F.M.C. and Mackie R.I. (eds), *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*. p.89-105, 1984.

FINCH, V. A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.36, p.497-508, 1985.

FINCH, V. A. Body temperature in beef cattle; its relevance to production in ter tropics. *Journal Animal Science*, v.62, n.2, p.531-542, 1986.

FORTIN, D.; LAROCHELLE, J.; GAUTHIER, G. The effect of wind, radiation and body orientation on the thermal environment of Greater Snow goose goslings. *Journal of Thermal Biology*, v.25, p.227-238, 2000.

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. *Farm animal behaviour and welfare*. 3. ed. London: Bailliere Tindall, 1990. 437 p.

GRILCHRIST, F. M. C.; MACKIE, R. I. *Herbivore nutrition the subtropical and tropical*. The Science Press. Graighall, South Africa, p.89-105, 1984.

HAFEZ, E. S. E. *Adaptation of domestic animals*. 2 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, p.61-215, 1968.

HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: Yousef. M. K. *Stress physiologic*. Boca Rotan: CRC Press, v.2, p.52-145, 1985.

HAMMARLUND, K.; RIESENFELD, T.; SEDIN, G. Measurement of respitarory water loss in newborn lambs. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.127, p.61-65, 1986.

HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to termal stress. *Animal Reproduction Science*, v.83-84, p.349-360, 2004.

HANSEN, E. S. E.; LANDER, A. L. Coat color and stress in cattle. In: INTERN. Conference on Livestock in the tropics. University of Florida, Gainesville, 1988.

HERTEM, R. S.; Strausa W. M.; Heusinkveld, B. G.; Bie, S.; Prins, H. H. T.; Wieren, S. E. Energy advantages of orientation to solar radiation in three African ruminants. *Journal of Thermal Biology*, v.36, p.452-460, 2011.

HOFMEYR, H. S.; GUIDRY, A. J.; WALTZ, F. A. Effects of temperature and wool length on surface and respiratory evaporative losses of sheep. *Journal Applied Physiological*, v.26, p.517-523, 1969.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*, 6. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2008.

IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D. Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *Journal Interdisciplinary Cycle Research*, v.21, p.303-320, 1990.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, v.77, p.59-91, 2002.

KENDALL, P. E.; NIELSEN, P. P.; WEBSTER, J. R.; VERKERK, G. A.; LITTLEJOHN, R.P.; MATTHEWS, L.R. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*, v.103, p.148-157, 2006.

KENNEDY, A. D.; DAY, A. C. Orientation to the sun of British and exotic breed cross cows during the winter. *Applied Animal Behavior Science*, v.24, p. 115-125, 1989.

KEREN, E. N.; OLSON, B. E. Applying thermal imaging software to cattle grazing winter range. *Journal Thermal Biology*, v.32, p. 204-211, 2007.

LIGEIRO, E. C.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO C. M. B. Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras

leiteiras criadas em ambiente tropical. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.2, p.544-549, 2006.

LUCENA, L. F. A.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; MEDEIROS, A. N.; SOUZA, B. B. Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 17, n. 6, p.672-679, 2013.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E.C. A. Características do pelame de vacas Holandesas em um 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.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latente heat loss from body surface of Holstein cows in a tropical environment. International Journal of Biometeorology, v.50, p.17-22. 2005a.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss flux of Holstein cows in a tropical environment. International Journal of Biometeorology, v.49, n.5, p.332-336, 2005b.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: a prediction model. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.10, p.1837-1843, 2008.

MALONEY, S. K.; MOSS, G.; CARTMELL, T.; MITCHELL, D. 2005. Alteration in diel activity patterns as a thermoregulatory strategy in black wildebeest (*Connochaetes gnou*). Journal of Comparative Physiology, v.191, p.1055-1064, 2005.

MARTELLO, L. S. Interação animal-ambiente: efeito climático sobre respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em *free-stall*. 111p. Tese (Doutorado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

McDOWELL, R. E. Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicals. Zarazoga: Editora Acribia, 1975. 687p.

McLEAN, J. A. Measurement of cutaneous moisture vaporization from cattle by ventilated capsules. *Journal of Physiology*, v.167, p.417-426, 1963.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. Bioclimatologia animal. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Zootecnia, 1997, 126p.

MOURA, M. S. B.; ANGELOTTI, F. Clima. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v.2, p.411-429, 2008.

NÄÄS, I. A. Princípios de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

NAGY, K. Heterotrophic Energy Flows. In: *Encyclopedia of Energy*. C. J. Cleveland, Elsevier Academic Pres, Boston, US. p.159-172, 2004.

NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S. H. N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.06, n.01, p.67-73, 2011.

NORRIS, A. L.; KUNZ, T. H. Effects of solar radiation on animal thermoregulation, *Solar Radiation*, Prof. Elisha B. Babatunde (Ed.), ISBN: 978-953-51-0384-4, InTech, 2012. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/solar-radiation/effects-of-solar-radiation-on-animal-thermoregulation>>. Acesso em: 20 Nov. 2014.

OHSAKI, N. Body temperatures and behavioural thermoregulation strategies of three Pieris butterflies in relation to solar radiation. *Journal of Ethology*, v.4, p.1-9, 1986.

OLIVEIRA, S. E. O.; COSTA, C. C. M.; SOUZA JUNIOR, J. B. F.; QUEIROZ, J. P. A. F.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M. Short-wave solar radiation level willingly tolerated by lactating Holstein cows in an equatorial semi-arid environment. *Tropical Animal Health and Production*, v.46, n.8, p.1413-1420, 2014.

PERERA, K. S.; GWADAUSKAS, F. C.; PEARSON, R. E.; BRUMCACK JUNIOR, T. B. Effect of season and stage of lactation on performance of Holstein. *Journal Dairy Science*, Champaign, v.69, n.1, p.228-236, 1986.

PINHEIRO, M. G. Produção de leite em ambiente tropical. *Pesquisa e Tecnologia*, v.9, n.1, 2012.

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeitos do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2. Teresina, 2000. Anais... Teresina: SNPA, p.87-104, 2000.

PIRES, M. F. A.; VILELA, D.; ALVIM, M. J. Comportamento alimentar de vacas holandesas em sistemas de pastagens ou em confinamento. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA Gado de Leite, 2001. 2p.

RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G. FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.7, n.2, p.1197-1211, 2010.

SARGEANT, G. A.; EBERHARDT, L. E.; PEEK, J. M. Thermoregulation by mule deer (*Odocoileus hemionus*) in arid rangelands of southcentral Washington. *Journal of Mammalogy*. v.5, p.536-544, 1994.

SCHLEGER, A. V.; BEAN, K. G. The melanocyte system of cattle skin. II. Melanotic melanocytes of epidermis and dermis. *Australian Journal Biological Sciences*, v.26, p.985-997, 1973.

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R.; MATTHEWS, L. R. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science*, v.114, p.307-318, 2008.

SHEARER, J. K.; BEEDE, D. K.; BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R. Environmental modifications to reduce heat stress in dairy cattle. *Agricultural Practice*, v.12, p.7-18, 1991

SILVA, B. C. M. Efeito do ambiente térmico nas respostas fisiológicas, produtivas, características do pelame e no comportamento de vacas Holandesas puras por cruza no norte de Minas Gerais. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, 2011.

SILVA, R. G. 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.; GUILHERMINO, M. M.; MORAIS, D. A. E. F. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *International Journal of Biometeorology*, v.54, p.5-11, 2010.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. Evaporative cooling and cutaneous surface temperature of holstein cows in tropical conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.05, p.1143-1147, 2011.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M.; QUEIRO, J. P. A. F. Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. *International Journal of Biometeorology*, v.56, p.927-932, 2012.

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 of Genetics*, v.11, p.335-347, 1988.

SILVA, R. G.; STARLING, J. M. C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1-6, 2003.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M. Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments. *International Journal Biometeorology*, v.14, p.868-877, 2014.

SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000a. 286p.

SILVA, R. G. Biofísica ambiental. Funep, Jaboticabal, 2008. 393 p.

SILVA, R. G. Um modelo para a determinação do equilíbrio térmico de bovinos em ambiente tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.4, p.1244-1252, 2000b.

SILVA, R. G.; LaSCALA JUNIOR, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the body surface of cattle and other animals. *Transactions of the ASEA*, v.46, n.3, p.913-918, 2003.

SILVA, R. G.; LaSCALA JUNIOR, N.; POCAI, P. L. B. Transmissão de radiação ultravioleta do pelame e da epiderme de bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.6, p.1939-1947, 2001.

TAPKI, I.; SAHIN, A. Comparison of the thermoregulation behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Applied Animal Behaviour Science*, v.99, p.1-11, 2006.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; SCHUTZ, K. E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, v.109, p.141-154, 2008.

TURNPENNY, J. R.; WATHES, C. M.; CLARK, J. A.; McARTHUR, A. J. Thermal balance of livestock. 2. Applications of a parsimonious model. *Agricultural Forest Meteorology*, v.101, p.29-52, 2000.

VIANA, J. A. C. Desafios e potencialidades da produção animal nos trópicos e subtropicais.: reflexões provocadas. In: XXVII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campinas, SP. Anais... Campinas, p.639-679, 1990.

VIANELLO, B. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa, MG: Editora UFV, 1991. 449p.

VILLARES, J. B. A eficiência dos ruminantes para utilizar alimentos nos trópicos. In: Simpósio Internacional de Bioclimatologia Animal nos Trópicos: Pequenos e Grandes Ruminantes, Fortaleza, CE. Anais... Sobral. EMBRAPA-CNPC, 1986.

VILELA, D.; ALVIM, M. J.; CAMPO, O.F.; REZENDE, J. C. Produção de leite de vacas Holandesas em confinamento ou em pastagens de *coast-cross*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.25, n.6, p.1228-1244, 1996.

WALDSCHMIDT, S. Orientation to the sun by the iguanid lizards *Uta stansburiana* and *Sceloporus undulatus*: hourly and monthly variations. *Copeia*, p.3458-3462, 1980.

WILLMER, P. Thermal biology and mate acquisition in ectotherms. *Trends in Ecology e Evolution*, v.6, p.396-399, 1991.

YOUNG, B. A. Effect of environmental stress on nutrient needs. In: Church, D.C. (Ed.) *The ruminant animal*. New Jersey: Prentice Hall, p.456-467, 1988.

Artigo II

Transferência de calor latente de vacas leiteiras mantidas em ambiente aberto no semiárido brasileiro

Resumo: Objetivou-se, a partir deste estudo, estimar a transferência de calor latente de vacas leiteiras Holandês x Gir, criadas em regime de confinamento a céu aberto, no semiárido brasileiro. Os dados foram coletados em dois grupos de vacas, cada um composto de 13 animais, sendo o primeiro de vacas com nível de produção entre 18 e 26 kg de leite/dia⁻¹ (média de 20 kg/dia⁻¹) e o outro de vacas que produziam entre 10 e 16 kg de leite/dia⁻¹ (média de 14 kg/dia⁻¹). Deste total, 8 vacas apresentavam pelame de coloração predominantemente branco e 18 preto. Para caracterização do ambiente, foram registradas, diariamente, as variáveis ambientais temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e velocidade do vento. Nos animais, foram mensuradas as variáveis frequência respiratória e temperatura do pelame. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que os modelos de predição baseados na frequência respiratória e temperatura do pelame podem ser utilizados para estimar a perda de calor latente em vacas leiteiras Holandês x Gir, mantidas em condições de céu aberto. A dissipação de calor por meio do trato respiratório e superfície cutânea corresponderam, em média, a 12,1% (26,31 W.m⁻²) e 87,9% (190,70 W.m⁻²) de vacas leiteiras criadas nas coordenadas 07° 22' 45,1''S, 36° 31' 47,2''W, sob temperatura do ar média de 27,3°C.

Palavras-chave: adaptação, perda de calor, termorregulação

Abstract: This study aimed to estimate the latent heat transfer dairy cows Holstein x Gyr, created in the open confinement in the Brazilian semiarid region. Data were collected in two groups of cows, each group consisted of 13 animals, whereas cows production level 18 and 26 kg/day⁻¹ (mean of 20 kg/day⁻¹) and cows producing 10 and 16 kg/day⁻¹ (mean of 14 kg/day⁻¹). Of this total, 8 cows had predominantly white coloring hair coat and 18 black. To characterize the environment, the environmental

variables ambient temperature, relative humidity, black globe temperature and wind speed were collected daily, as well as the variables respiratory rate and temperature of the hair coat. According to the results, it is concluded that the prediction models based on respiratory rate and temperature of the fur may be used to estimate the loss of latent heat in dairy cows Holstein x Gyr maintained in the open condition. Thus, the heat dissipation through the respiratory tract and skin surface correspond on average by 12.1% (26,31 W.m⁻²) and 87.9% (190,70 W.m⁻²) of dairy cows bred at coordinates 07°22'45.1" S, 36° 31'47.2" W, on average air temperature of 27,3°C.

Keywords: adaptation, heat loss, thermoregulation

Introdução

Bovinos especializados para produção de leite, sobretudo, os da raça Holandesa, selecionados em ambientes de clima temperado, apresentam-se pouco eficientes com relação à dissipação do excesso de calor corporal gerado pela elevada atividade de síntese do leite. Esse processo torna-se mais crítico no ambiente tropical, agravado pelas altas temperaturas e pela forte carga térmica radiante (Bertipaglia et al., 2007), caracterizando estresse por calor.

Nestas condições, bovinos mestiços (Halandês x Zebu) são capazes de regular melhor a temperatura corporal em resposta ao estresse térmico por calor em comparação ao holandês puro, devido à menor produção de calor metabólico e maior capacidade de transpiração, atributos herdados dos zebuínos (Hansen, 2004).

Conduto, a condição de estresse por calor é evidenciada principalmente pela alteração na frequência respiratória e cardíaca, redução na taxa metabólica e na sua capacidade de transformar em carne, leite ou energia os nutrientes que ingerem (Encarnação, 1989). Bovinos com excesso de carga térmica utilizam a evaporação como o principal mecanismo termorregulador, principalmente, sob altas temperaturas do ar. Assim, a capacidade de um animal para resistir a ambientes quentes é proporcional à sua capacidade de eliminar o calor latente por evaporação, seja por meio do suor da pele (McLean, 1963) ou a partir do sistema respiratório (Silva et al., 2002; Maia et al, 2005b). De acordo com McLean, (1963), Finch (1985) e Maia et al. (2005a) a perda de calor latente responde por, aproximadamente, 80% da perda total em

condições de estresse por calor. Entretanto, sob condições de termoneutralidade bovinos leiteiros dissipam 20 a 30% de sua energia térmica por meio da via latente, sendo o restante através da via sensível (70 a 80%).

Sob altas temperaturas ambientais, os mecanismos de perda de calor sensível torna-se um meio de ganho de calor, quando estas temperaturas estão perto ou maior do que a temperatura do corpo, como é frequentemente observado em regiões tropicais. Nesta condição, a evaporação cutânea torna-se o principal meio de perda de calor, sendo responsável por aproximadamente 85% da perda total de calor latente, enquanto o resto se perde por evaporação respiratória (Maia et al., 2005a).

Turnpenny et al. (2000) afirmam que os princípios gerais sobre os mecanismos de transferência de calor são bem conhecidos, mas o conhecimento no que se refere às perdas de calor latente por bovinos leiteiros em condições de campo deve ser mais explorado. A maioria dos estudos sobre a perda de calor em bovinos foram feitos em câmaras climáticas ou em instalações experimentais cobertas onde a temperatura do ar, umidade, radiação solar e vento podem ser facilmente controladas. Para tanto, alguns autores desenvolveram equações com base em estimadores indiretos para prever certos componentes do balanço térmico em bovinos Holandês. De acordo com Maia et al. (2005a,b) e Silva e Maia (2011) a temperatura do pelame e a frequência respiratória, associadas às condições ambientais, podem ser utilizadas para quantificar as perdas de calor latente em vacas Holandesas.

Assim, objetivou-se a partir deste estudo estimar a transferência de calor latente de vacas Holandês x Gir em lactação, criadas em regime de confinamento a céu aberto, no semiárido brasileiro.

Material e Métodos

Local

O experimento foi conduzido na fazenda Bodopitá, na microrregião do Cariri Oriental, localizada no município de Caturité, Paraíba, Brasil (07° 22' 45,1'' latitude sul, 36° 31' 47,2'' longitude oeste e 405 m de altitude), no período de 15 de abril a 25 de maio de 2014. A microrregião do Cariri Oriental da Paraíba apresenta vegetação de caatinga, com clima semiárido e índice pluviométrico em torno de 400 mm/ano. Na classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Bsh, com temperatura média anual de 24°C.

Animais e Manejo

Foram utilizadas 26 vacas mestiças (7/8 Holandês x Gir), das quais 8 apresentavam pelame de coloração predominantemente branca e 18 predominantemente preta, com média de $556 \pm 21,23$ Kg de peso vivo, sendo todas multíparas, após o pico de lactação. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), num arranjo fatorial 2x2 (cor do pelame x níveis de produção de leite). Após realização de controles leiteiros, feitos anteriormente ao início do período experimental, as vacas foram divididas em dois grupos de acordo com a produção de leite. Cada grupo era composto de 13 animais, considerando o grupo 1, níveis de produção entre 18 e 26 kg de leite.dia⁻¹ (média de 20 kg.dia⁻¹) e, para o grupo 2, animais que produziam entre 10 e 16 kg de leite.dia⁻¹ (média de 14 kg.dia⁻¹).

As vacas eram mantidas em um sistema intensivo de criação, sendo alojadas em áreas a céu aberto (50 m de comprimento x 25 m de largura) com bebedouros e comedouros coletivos, além de sombras naturais de algarobeiras (*Prosopis Juliflora*) (Figura 1). Foram realizadas duas ordenhas ao dia, de forma mecanizada, nos horários de 04:30 e 15:30 horas; na segunda ordenha, às 15:30 horas, todas as vacas eram submetidas a um sistema de acondicionamento térmico por ventilação e aspersão no curral de espera por um período de 20 minutos. O curral de espera apresentava dimensões de 3 m de pé direito, 6 m de comprimento e 5 m de largura. A composição do sistema de resfriamento contou com dois ventiladores axiais, instalados a altura de 2,5 m do piso e inclinação, em relação à vertical, de 20°, direcionada para o piso. O sistema de aspersão foi composto por 3 linhas (tubos de polietileno) com cinco bicos aspersores por linha, com espaçamento de 1 m e 2 m entre linhas e altura de 2,5 m do piso.

A alimentação dos animais era composta de feno de tifton, silagem de milho, palma forrageira, farelo de soja, farelo de milho e farelo de trigo fornecida na forma de dieta completa às 05:00, 12:00 e 17:00 horas. A suplementação mineral e vitamínica foi oferecida em cochos cobertos com consumo *ad libitum*.

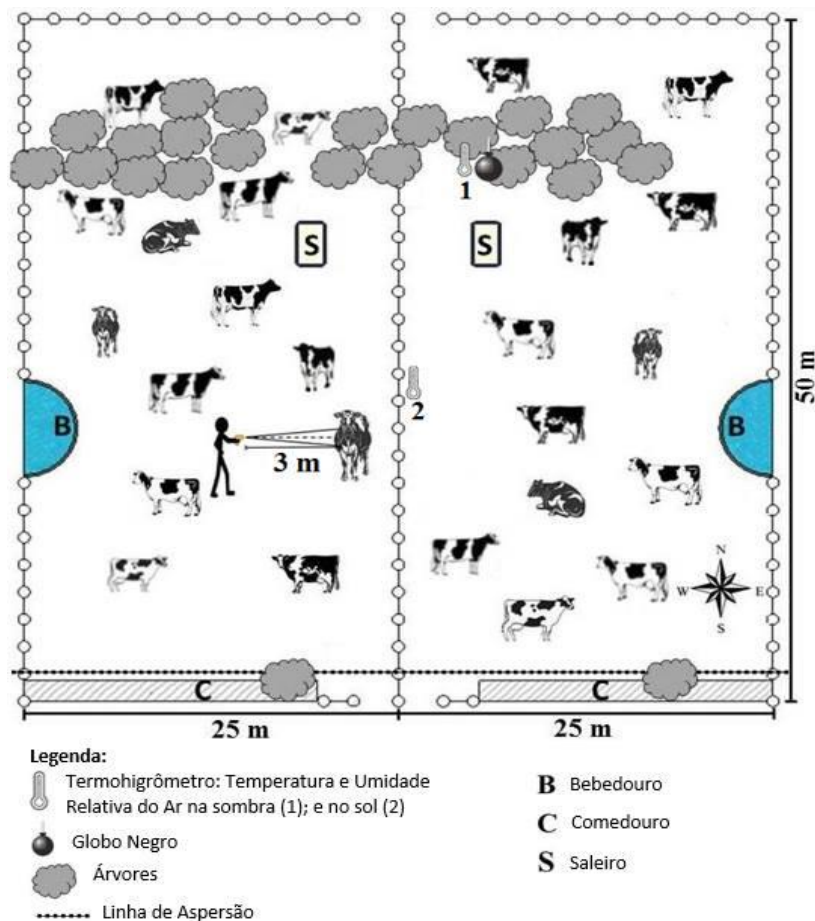


Figura 1. Esquema da área onde os animais permaneceram durante a colheita de dados e a distância de mensuração da temperatura de pelame e frequência respiratória.

Colheita dos dados

Para caracterização do ambiente nas instalações (área do confinamento e curral de espera) as variáveis ambientais foram coletadas diariamente das 5:00 às 17:00 horas durante o período experimental, em intervalos de duas horas. Foram mensuradas temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), temperatura de globo negro (TGN) e velocidade do vento (VV) no curral de espera e em dois pontos distintos na área de confinamento: à sombra e área de pleno sol (Figura 1). A TA, UR, VV e TGN foram obtidos utilizando um conjunto de termohigrômetros, anemômetro e termômetros de globo negro, respectivamente, a 1,20 m do chão. De posse dos dados climáticos, foram calculados o índice de temperatura de globo negro e umidade; $ITGU = TGN + 0,36 Tpo + 41,5$, em que: TGN: temperatura do globo negro, (°C); Tpo: temperatura de ponto de orvalho (°C), conforme Buffington et al. (1981) e a temperatura radiante média (TRM) calculada pela fórmula $TRM = TGN + 1,9\sqrt{vv}(TGN - TA)$, proposta por Vilella (1983).

Nos horários de 07:00, 09:00, 11:00, 13:00, 15:00 horas (antes da ordenha) e as 16:00 horas logo após a ordenha e exposição ao sistema de resfriamento no curral de espera, foram mensuradas em todos os animais de cada grupo a frequência respiratória (FR) e temperatura do pelame (TP). No entanto, antecipadamente ao período experimental, os animais foram habituados à rotina de colheita das variáveis fisiológicas por um período três dias, a presença dos observadores com equipamentos utilizados para mensuração das variáveis era comum nas instalações e seguiam-se os horários preestabelecidos de colheita dos dados, isto, no intuito de que a reação do animal no momento de mensuração da FR e TP fosse mínima.

A frequência respiratória (FR) foi medida pelo número de movimentos respiratórios, obtidos visualmente por meio da contagem dos movimentos no flanco do animal, com auxílio de um cronômetro digital durante 20 segundos. Após, o valor foi multiplicado por três (3) para obtenção do número de movimentos respiratórios por minuto (mov.min^{-1}). A temperatura do pelame ($^{\circ}\text{C}$) foi medida utilizando-se um termômetro infravermelho de mira à laser de longa distância, modelo Fluke 568[®], posicionado perpendicular a uma distância de aproximadamente 3 metros do animal (Figura 1), por meio do escaneamento na posição de 20 cm abaixo da linha dorsal, seguindo da escapula ao fêmur do animal (Figura 2; b, d), considerando-se a emissividade padrão de 0,98 para tecidos biológicos.

Para auxiliar nas discussões dos resultados foram feitas imagens termográficas nos dois grupos de animais (coloração de pelame predominantemente branca e predominantemente preta; Figura 2). A distribuição da temperatura superficial de cada animal foi obtida por meio de uma câmera termográfica de infravermelho (Fluke Ti 25, Fluke[®] Corporation, Everett, Washington, EUA) com calibração automática. As imagens foram analisadas pelo software Smartview versão 3.1, considerando-se a emissividade padrão de 0,98 para tecidos biológicos.

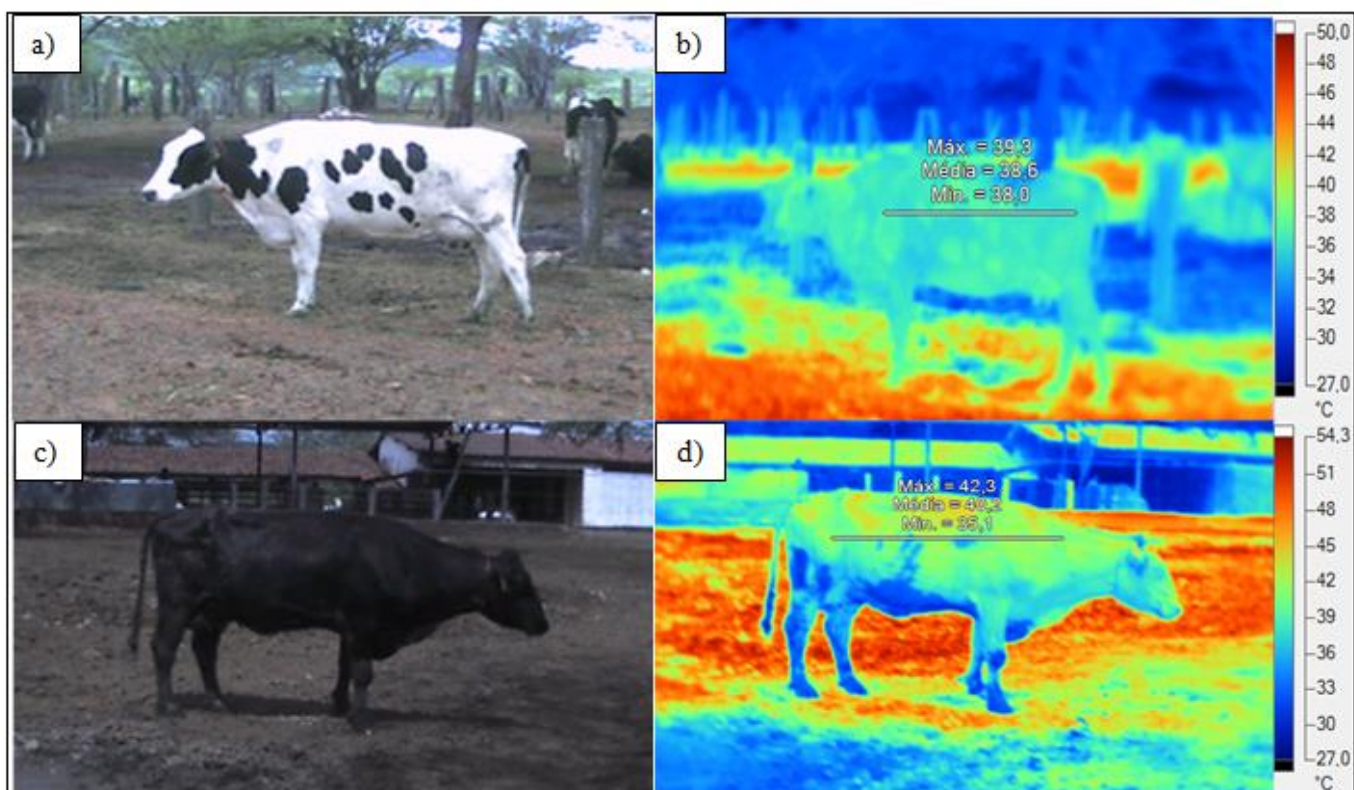


Figura 2. Imagens termográficas (b; d) de vacas leiteiras predominantemente branca (a) e preta (c) em condições de confinamento a céu aberto, registradas às 11 horas, nas coordenadas 7°22'45,1"S e 36°31'47,2"W no semiárido brasileiro.

Equações de predição

De posse dos dados fisiológicos, foi estimada a transferência de calor latente ($W.m^2$) pelo trato respiratório e superfície cutânea, nos diferentes horários de coleta. Para obtenção do fluxo de calor latente pelo trato respiratório, foram utilizadas as equações descritas por Maia et al. (2005ab) e Silva et al. (2012):

$$E_R = \lambda(\Psi_{EXP} - \Psi_{ATM})/r_{VR} \quad (W.m^{-2}), \quad (1)$$

onde: E_R é o fluxo de calor pelo trato respiratório; λ é o calor latente de vaporização da água; Ψ_{EXP} é a umidade absoluta do ar expirado ($g.m^{-3}$); Ψ_{ATM} é a umidade absoluta da atmosfera; r_{VR} é a resistência do vapor de água a perda de calor pelo trato respiratório.

$$\lambda = 2500,7879 - 2,3737t_A \quad (J.g^{-1}), \quad (2)$$

em que: t_A é a temperatura do ar ($^{\circ}C$);

$$\Psi_{\text{EXP}} = 2166,869 * P_{\text{V}} / (T_{\text{exp}} + 273,15), \quad (3)$$

em que: $P_{\text{V}} = 0,61078 * 10^{(7,5 * T_{\text{exp}} / (T_{\text{exp}} + 237,5))}$, é a pressão de vapor do ar expirado, $T_{\text{exp}} = 9,47 + 1,18 * t_{\text{A}} - 0,01278 * t_{\text{A}}^2$, é a temperatura do ar expirado;

$$\Psi_{\text{ATM}} = 2166,869 * P_{\text{VA}} / (t_{\text{A}} + 273,15), \quad (4)$$

em que: $P_{\text{VA}} = 0,61078 * 10^{(7,5 * t_{\text{A}} / (t_{\text{A}} + 273,5))}$, é a pressão de vapor do ar atmosférico;

$$r_{\text{VR}} = 2853,921 - 48,445 * F_{\text{R}} + 0,3414 * F_{\text{R}}^2 - 2,037 * t_{\text{A}}, \quad (5)$$

em que: F_{R} é a frequência respiratória (mov. min^{-1}).

Por fim, para estimar a perda de calor por sudorese (E_{s}), foi utilizada a equação desenvolvida por Silva e Maia (2011) em função da temperatura do pelame do animal (T_{p}):

$$E_{\text{s}} = 31,5 + 3,67 e^{(T_{\text{p}} - 27,9) / 2,1915} \text{ W.m}^{-2} \quad (6)$$

Análises Estatísticas

Foram feitas análises exploratórias para verificar a distribuição de normalidade dos dados. Para análises paramétricas, as variáveis foram submetidas à análise de variância pelo procedimento “General Linear Model” e as médias comparadas mediante o teste *f* com nível de confiança de 5% de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + N_j + C_l + PN_{ij} + PC_{il} + e_{ijkl},$$

em que: Y_{ijkl} – variável em análise; μ – média geral; P_i – efeito dos horários; N_j – efeito dos níveis de produção; C_l – efeito da coloração do pelame; PN_{ij} – efeito da interação horários e nível de produção; PC_{il} – efeito da interação horários e cor de pelame; e_{ijkl} – erro experimental associado as unidades experimentais.

Para o efeito do sistema de resfriamento sobre as variáveis fisiológicas, utilizou-se o PROC GLM, e médias quando significativas, comparadas mediante teste *f* de

acordo com o modelo:

$$Y_{ik} = \mu + R_i + e_{ik},$$

em que: Y_{ik} – variável em análise; μ – média geral; R_i – efeito do sistema de resfriamento; e_{ik} – erro experimental associado as unidades experimentais.

Para a evaporação cutânea e respiratória utilizou-se modelos de regressão conforme o melhor ajuste da equação em função da temperatura superficial e frequência respiratória, respectivamente. Todas as análises foram feitas por meio do software estatístico SAS de 2011.

Resultados

Variáveis ambientais

Observou-se que, as variáveis bioclimáticas apresentaram amplitude média diária significativa; assim, a temperatura do ar oscilou de 21,1 a 31,2 °C, umidade relativa de 90 a 48%, enquanto o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) variou de 70 a 82,8, sendo os valores mais críticos registrados às 13 horas (Fig. 3).

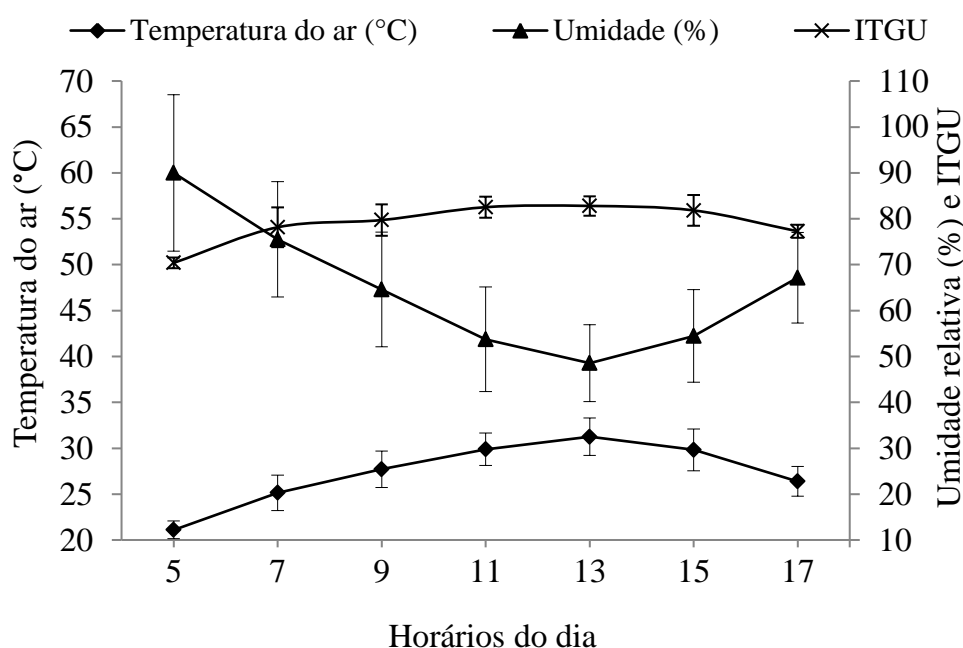


Figura 3. Variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa e índice de

temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (Média±DP) nas coordenadas 7°22'45,1"S e 36°31'47,2"W no semiárido brasileiro.

Transferência de calor latente

Não houve interação dos fatores (cor de pelame x nível de produção); assim, os resultados serão discutidos de forma separada. Houve variação ($P < 0,01$) para frequência respiratória em função dos horários do dia. Os maiores valores foram registrados às 11, 13 e 15 horas, correspondendo os valores de 66,85, 66,98 e 65,65 $\text{mov.}\text{min}^{-1}$, respectivamente. A menor frequência (54,05 $\text{mov.}\text{min}^{-1}$) foi verificada às 7 horas, seguido por 61,30 $\text{mov.}\text{min}^{-1}$ no horário das 9 horas ($P < 0,01$; Fig. 4). Para estimar a perda de calor pelo trato respiratório, o modelo de melhor ajuste, considerando as equações desenvolvidas por Maia et al. (2005), foi o quadrático ($R^2 = 0,73$; $y = -0,0059x^2 + 0,815x - 0,5966$). De acordo com esta equação, a quantidade de calor transferido via respiração variou de 19,21 a 29,42 $\text{W.}\text{m}^{-2}$ (Fig. 5).

As variáveis frequência respiratória e evaporação respiratória não apresentaram variação significativa em função do nível de produção de leite ($P > 0,05$; Fig. 6, a), assim como não houve variação quanto ao efeito da coloração do pelame ($P > 0,05$; Fig. 6, b).

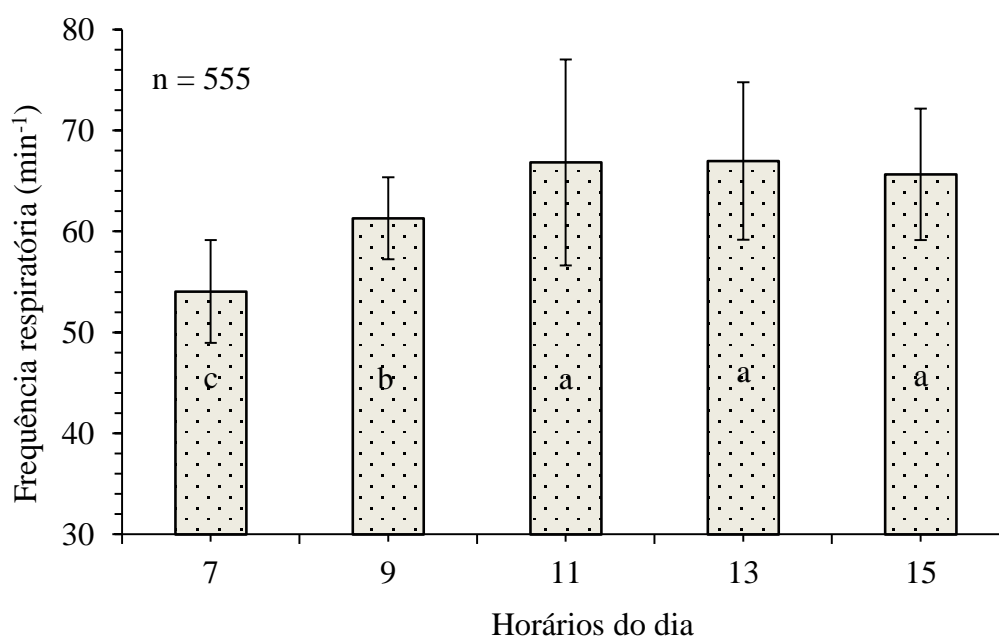


Figura 4. Frequência respiratória (Média±EP) de vacas leiteiras no período de 07:00 às 15:00 horas.

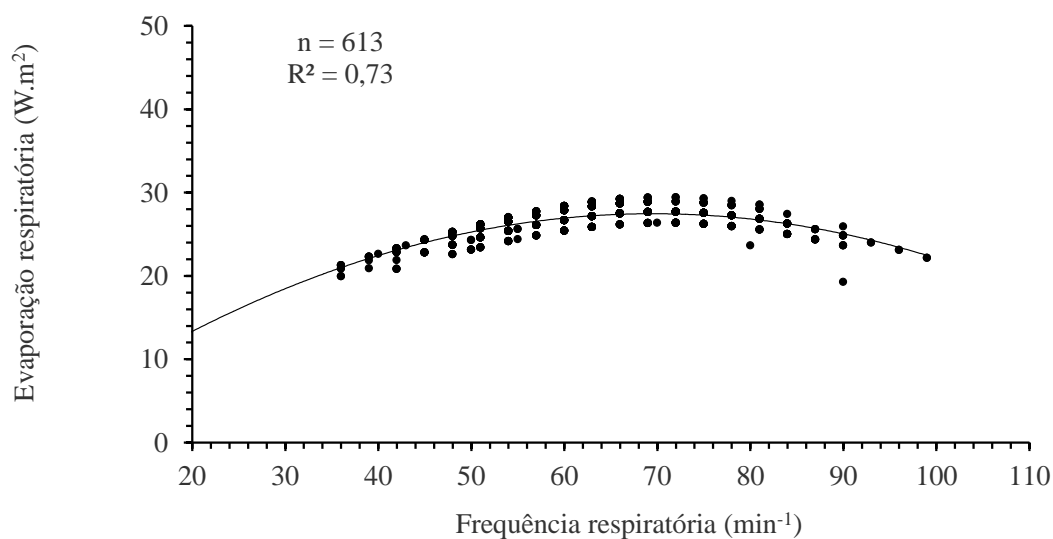


Figura 5. Perda de calor por evaporação respiratória (E_r) em função da frequência respiratória (FR).

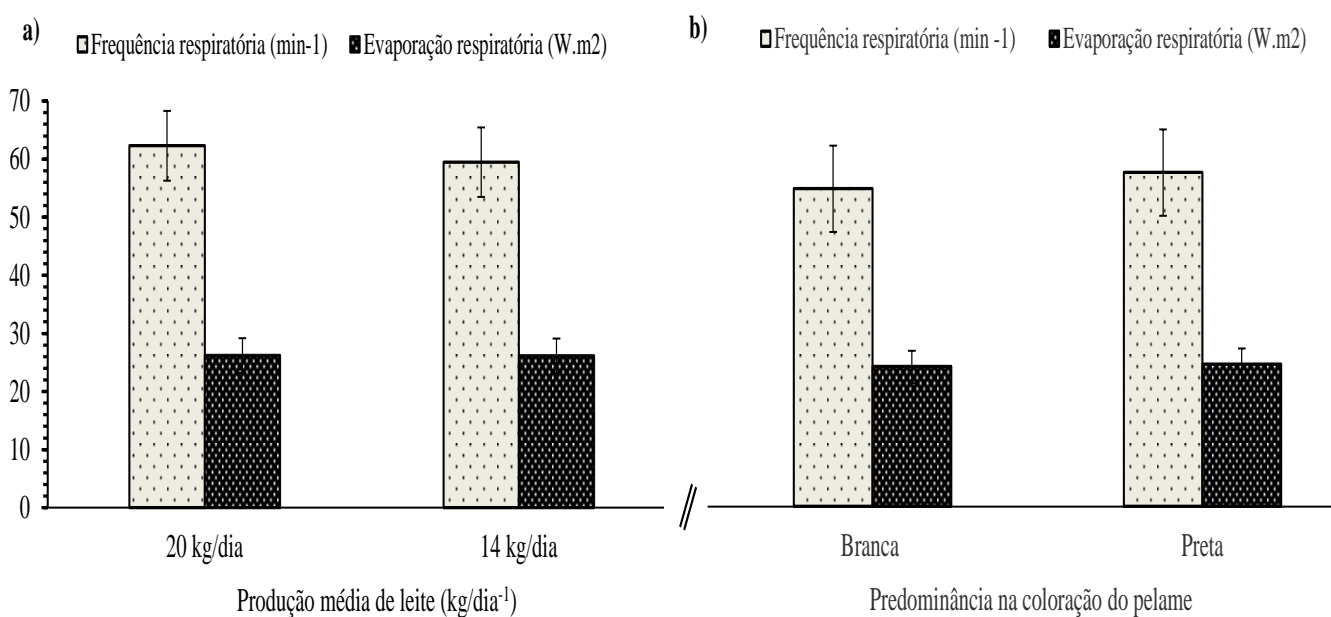


Figura 6. Frequência e evaporação respiratória (Média±EP) em função do nível de produção de leite (a) e da predominância da cor do pelame (b).

Para estimar a perda de calor via evaporação cutânea, utilizou-se a equação desenvolvida por Maia et al. (2005a). De acordo com este modelo, a equação de melhor ajuste para transferência de calor via sudorese em função da temperatura do pelame foi quadrática ($R^2 = 0,9$; $y = 7,5309x^2 - 465,42x + 7191$). No entanto, o modelo de predição

utilizado foi capaz de estimar a perda de calor por sudação quando o intervalo para a temperatura do pelame foi de 28 a 39°C. Valores fora deste intervalo não puderam ser utilizados como estimadores indiretos e, portanto, foram removidos do banco de dados. Assim, houve variação de 31,6°C a 38,8°C para temperatura do pelame, esses valores refletiram uma variação foi de 55,52 a 566,83 W.m⁻² para transferência de calor via evaporação cutânea (P<0,01; Fig. 7). Os valores mais elevados para transferência de calor por evaporação cutânea (224,57 vs. 275,29 W.m⁻²; Fig. 8, b) foram observados nos horários de maiores níveis de temperatura radiante média (11 e 13 horas; 49,6 e 51,0°C, respectivamente; Fig. 8, a).

Em relação à distribuição percentual da perda de calor latente, observou-se, às 7 horas, que aproximadamente 80% da perda de calor latente ocorreu por meio da evaporação cutânea e o restante deu-se pela via respiratória, enquanto que nos horários de temperaturas do ar mais elevadas (11 as 13 horas) a dissipação de calor pela via cutânea chegou a 90%. No entanto, ao longo do dia, a dissipação de energia térmica por meio da superfície cutânea correspondeu por 87,9% da perda total de calor latente e o restante (12,1%) foi por meio do trato respiratório (Fig. 9).

Valores de temperatura superficial em função da coloração do pelame foram maiores para vacas predominantemente pretas em comparação com as brancas (35,49 ± 0,07°C vs. 35,41 ± 0,08°C; P<0,01; Tabela 1; Fig. 2, b, d). Consequentemente, a perda de calor por evaporação cutânea seguiu a mesma tendência, vacas predominantemente preta perderam mais calor via epiderme que as brancas (186,32 ± 4,09 W.m⁻² vs. 158,24 ± 6,04 W.m⁻²; P<0,01; Tabela 1). Não houve variação (P>0,05) na temperatura superficial quanto ao nível de produção de leite das vacas. No entanto, houve efeito na evaporação cutânea quanto ao nível de produção de leite; assim, animais com média de produção de 20 kg/dia⁻¹ dissiparam maior quantidade de energia térmica em ralação as vacas que produziram média 14 kg/dia⁻¹ (185,27 ± 5,55 W.m⁻² vs. 169,40 ± 4,86 W.m⁻², respectivamente; P<0,02; Tabela 1).

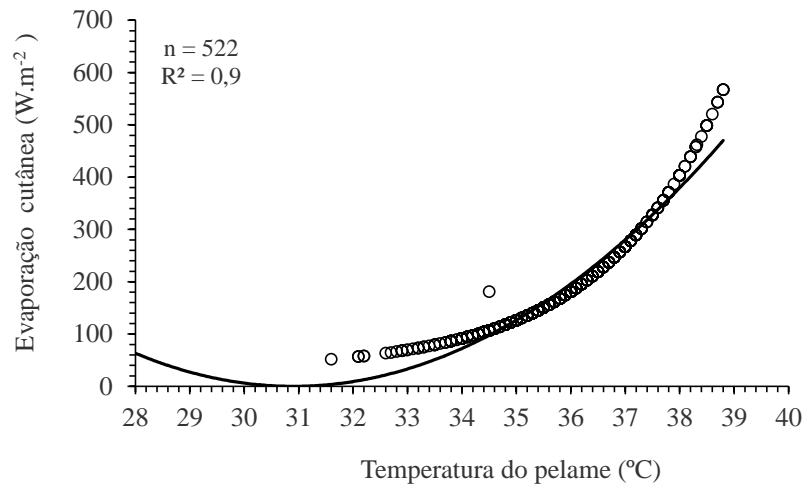


Figura 7. Perda de calor por evaporação cutânea de vacas leiteiras em relação à temperatura do pelame.

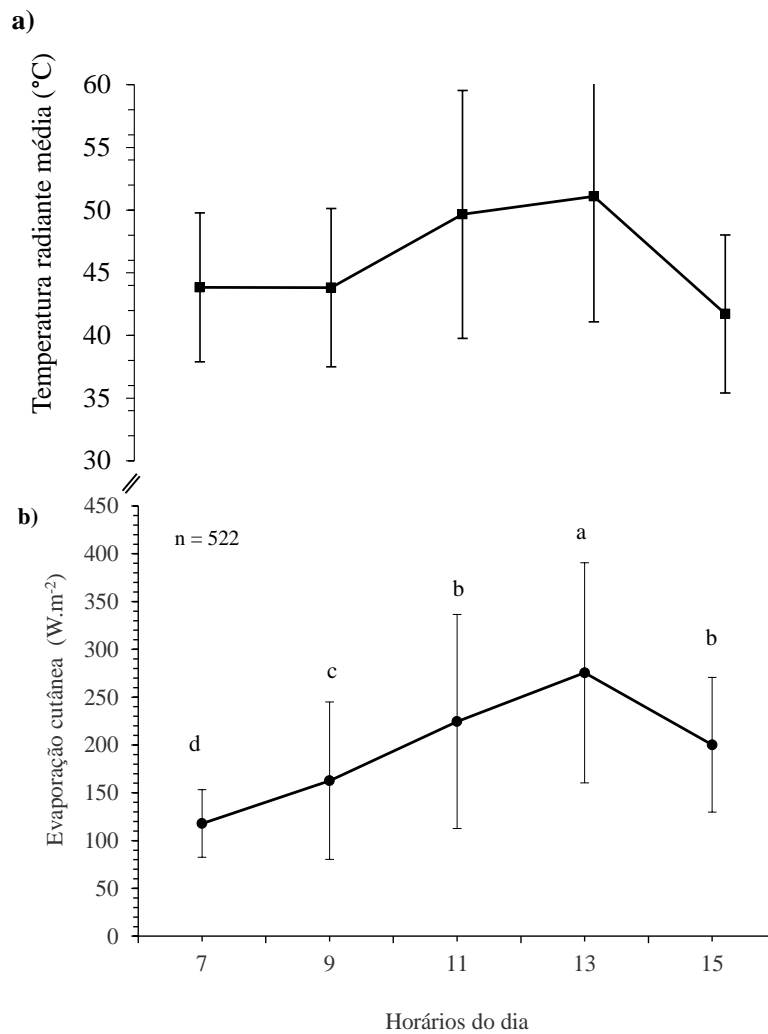


Figura 8. Temperatura radiante média (a) e perda de calor por evaporação cutânea (b)

(Média±DP) em função dos horários do dia.

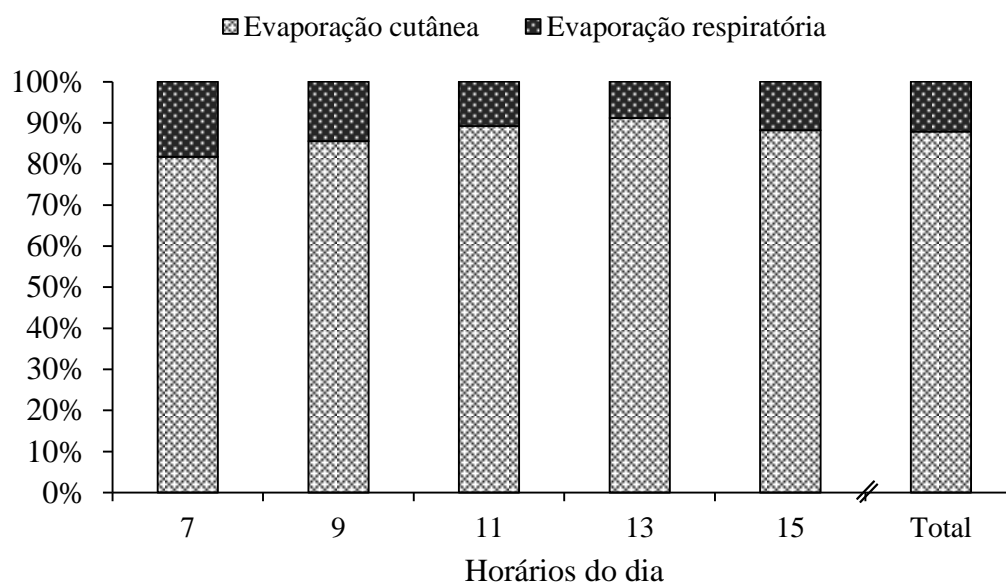


Figura 9. Participação da perda de calor por sudação e respiração na transferência de calor latente total.

Tabela 1. Transferência de calor via superfície cutânea (Média±EP) em vacas leiteiras de pelagem predominantemente branca ou preta, com nível de produção médio de 20 ou 14 kg de leite/dia⁻¹.

Variáveis respostas	Predominância na coloração do pelame		P
	Branca	Preta	
Temperatura do pelame (°C)	35,05 ± 0,10b	35,49 ± 0,07a	0,01
Evaporação cutânea (W.m ⁻²)	158,24 ± 6,04b	186,32 ± 4,09a	0,01

Variáveis respostas	Nível de produção de leite (kg/dia ⁻¹)		P
	20 kg	14 kg	
Temperatura do pelame (°C)	35,41 ± 0,08	35,22 ± 0,08	ns
Evaporação cutânea (W.m ⁻²)	185,27 ± 5,55a	169,40 ± 4,86b	0,02

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste f a 5% de probabilidade.

Valores de P são apresentados para o efeito de coloração do pelame e nível de produção; ns = Efeito não significativo.

Efeito do sistema de resfriamento sobre a perda de calor latente

Observou-se que a utilização do sistema de resfriamento no curral de espera promoveu redução em todas as médias das variáveis estudadas; a temperatura do pelame das vacas reduziu de 36,02 ± 0,08°C para 33,38 ± 0,10°C; a evaporação cutânea diminuiu de 200,14 ± 6,27 W.m⁻² para 83,23 ± 2,35 W.m⁻²; enquanto, as variáveis

frequência respiratória e evaporação respiratória antes apresentaram médias de $65,65 \pm 1,08$ mov.min⁻¹ e $26,33 \pm 0,13$ W.m⁻² e depois do resfriamento $50,26 \pm 0,84$ mov.min⁻¹ e $25,54 \pm 0,20$ W.m⁻², respectivamente. ($P < 0,01$; Tabela 2).

Tabela 2. Condições ambientais (Média±DP) e perda de calor latente (Média±EP) de vacas leiteiras antes e depois de serem submetidas a um sistema de resfriamento no curral de espera.

Condições bioclimáticas	Local		
	Confinamento	Curral de espera	
Temperatura do ar (°C)	30,00 ± 2,27	25,44 ± 1,40	
Umidade relativa (%)	54,40 ± 10,08	72,89 ± 9,89	
ITGU	81,82	75,79	
Variáveis respostas	Sistema de resfriamento		P
	Antes	Após	
Temperatura do pelame (°C)	36,02 ± 0,08a	33,38 ± 0,10b	0,01
Evaporação cutânea (W.m ⁻²)	200,14 ± 6,27a	83,23 ± 2,35b	0,01
Frequência respiratória (min ⁻¹)	65,65 ± 1,08a	50,26 ± 0,84b	0,01
Evaporação respiratória (W.m ⁻²)	26,33 ± 0,13a	25,54 ± 0,20b	0,01

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste *t* a 5% de probabilidade.

Valores de *P* são apresentados para o efeito de coloração do pelame e nível de produção.

Discussão

A taxa respiratória tem sido amplamente utilizada como indicador de estresse térmico em bovinos (Gaughan et al., 2000). O aumento da frequência respiratória geralmente está associado à exposição ao calor, fato que promove mudanças no comportamento respiratório dos bovinos (Robertshaw, 2006). De acordo com o nossos resultados, o aumento na taxa respiratória dos animais ocorreu gradativamente, estabilizando-se no período da tarde (11h as 15 h), horários em que temperatura do ar e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) atingiram os valores mais críticos (31°C e 82, respectivamente).

Em estudos com vacas mestiças Holandês x Zebu, Ferreira et al. (2006) verificaram que a taxa respiratória, período da manhã, encontrava-se dentro dos limites fisiológicos (17,50 mov.min⁻¹), no entanto, à tarde, essa frequência apresentou aumento de aproximadamente sete vezes (134,02 mov.min⁻¹). De acordo com Stowell (2000) uma taxa respiratória de 80 a 90 respirações por minuto observada em vacas indica que estas já estão sob estresse térmico. Em nosso estudo foi encontrado, no momento de temperatura ambiente mais elevada (31,6°C), valor máximo para taxa respiratória de

69,98 mov.min⁻¹, este resultado pode não ter atingido valores mais elevados em função das condições físicas do ambiente, visto que a maioria dos animais nos horários de altas temperaturas e intensa radiação solar encontravam-se sob áreas sombreadas, proporcionadas por árvores (algarobeiras).

O efeito da temperatura sobre a taxa respiratória não é constante e está sujeita a um certo número de fatores que a influenciam (Gaughan et al., 2000). Assim, o efeito da temperatura ambiente na taxa respiratória é influenciado pela idade, sexo, genótipo (Azevedo et al., 2005), nível de desempenho, nutrição, tempo de alimentação, condição corporal dos animais, bem como a exposição prévia a condições quentes (Gaughan et al., 2000), tipo de confinamento, estratégias de resfriamento imposta (Almeida et al., 2010), e outros fatores ambientais. No entanto, no presente estudo não foi verificada alteração na taxa respiratória, quanto ao nível de produção de leite, bem como em relação à predominância na cor do pelame dos animais.

Em relação à perda de calor por evaporação nos animais, a respiração é um dos primeiros mecanismos que utilizam o calor latente de vaporização da água para aumentar a dissipação de energia térmica (Rodrigues et al., 2010). O ar inspirado pelos animais ao passar pelas vias nasais, laringe, traqueia e grandes brônquios que apresentam superfícies úmidas e onde ocorre uma evaporação prévia dessa umidade, resfria-se, enquanto que o ar expirado é eliminado praticamente saturado e numa temperatura levemente inferior à temperatura interna do corpo (Silva, 2000). Esse aquecimento e umidificação do ar representam para o organismo a perda de calor latente.

Segundo Maia et al. (2005a) o aumento na transferência de calor via evaporação pelo trato respiratório está em função do número de respirações. Como a eliminação de calor pelo sistema respiratório ocorre com a elevação da taxa de respiração, aumenta-se o fluxo respiratório, ou seja, o número dos ciclos respiratórios a cada minuto. No entanto, observou-se em nosso estudo uma resposta quadrática para evaporação respiratória em função dos movimentos respiratórios, verificando-se que, quando o animal atingiu a taxa de 72 mov.min⁻¹ ocorreu o máximo de evaporação pelo trato respiratório (29,42 W.m⁻²). Contudo, a partir deste ponto, mesmo com o aumento da frequência respiratória a perda de calor por evaporação via trato respiratório diminuiu. Esta condição pode ser justificada pelo fato que animais sob altas temperaturas podem aumentar o ritmo respiratório, no entanto o volume de ar inspirado é menor, conseqüentemente, a perda de calor por evaporação respiratória reduz, pelo fato da

diminuição no volume de ar inspirado (Maia et al, 2005b; Robertshaw, 2006). Assim, Starling et al. (2002) consideram que o volume de ar inspirado, a temperatura corporal e a umidade do ar são os fatores mais importantes durante a evaporação no trato respiratório.

Em uma região semiárida com a temperatura do ar de 33,1°C e do globo negro de 44,8°C, vacas leiteiras aumentaram sua frequência respiratória para 78,8 mov.min⁻¹ comparada com 36,6 mov.min⁻¹ encontrada em ambiente a 23,2°C (Silva et al., 2012). Esses autores verificaram que a evaporação via trato respiratório contribuiu com 27,3% da perda total de calor latente, enquanto que em nossos estudos foi encontrado valor médio de aproximadamente 12,1% (26,31 W.m⁻²) para perda de calor via evaporação respiratória, sob temperatura do ar média de 27,3°C. No entanto, mais estudos devem ser realizados no intuito de avaliar o efeito do aporte térmico nos músculos respiratórios em decorrência do aumento na frequência respiratória, uma vez que o aumento no esforço respiratório promove produção e armazenamento de energia térmica nos tecidos vizinhos. Ademais, elevadas taxas respiratórias, aumentam possíveis problemas causados pela redução CO₂ no sangue e elevada excreção de HCO₃ através dos rins, como por exemplo, a alcalose respiratória (Silva et al., 2012).

A temperatura de superfície depende, principalmente, das condições ambientes de umidade e temperatura do ar e do vento, e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor (Ferreira et al., 2006). Assim, foi verificado no presente estudo que, a perda de calor por evaporação cutânea aumentou consideravelmente em função do acréscimo na temperatura do pelame. Esse aumento considerável na dissipação de calor via superfície cutânea ocorreu de 07 a 13 horas de 117,89 para 275,49 W.m⁻², respectivamente, acompanhando o aumento, de forma paralela, da temperatura radiante média (TRM), a qual atingiu valor máximo (51°C) às 13 horas. Em estudo com vacas Holandesas, Hillman et al. (2001) encontraram taxa de evaporação cutânea de cerca de 240 W.m⁻² na sombra, mas quando os animais foram expostos a radiação solar direta esta taxa aumentou para 500 W.m⁻², em função da elevação da temperatura de superfície. Neste contexto, Maia et al. (2005a) sugerem que existe uma forte relação entre evaporação cutânea e temperatura da superfície do pelame. Estes autores defendem que estas observações sustentam a ideia que a temperatura da superfície do pelame pode ser o mecanismo de ativação fisiológico de altas taxas de evaporação cutânea.

Em estudos com vacas Holandesas, Maia et al. (2005a) observaram que a perda

de calor por evaporação cutânea foi responsável por 20-30% da perda total de calor quando a temperatura do ar permaneceu entre 10 e 20°C, sendo o restante perdido como calor sensível. Sob altas temperaturas ambientais (36°C) e elevada temperatura radiante média (160,8°C) os animais passam a ganhar calor por meio das vias sensíveis, quando estas temperaturas estão perto ou maior que a temperatura do corpo, como é frequentemente o caso em regiões semiáridas na zona intertropical. Sob esta condição a evaporação cutânea torna-se o principal meio de perda de calor, sendo responsável por aproximadamente 85% (350 W.m^{-2}) da perda total de calor, enquanto o resto se perde por evaporação respiratória. De acordo com o nosso achado, a perda de calor por meio da superfície cutânea correspondeu por aproximadamente 87% ($190,7 \text{ W.m}^{-2}$) da perda total de calor latente de vacas Holandês x Gir em lactação.

O pelame representa a fronteira entre o ambiente e o corpo dos animais e influencia diretamente as trocas térmicas (Finch, 1985). Em estudos com vacas Holandesas Silva et al. (2003), utilizando um espectro-radiômetro em comprimento de onda entre 300 e 850 nm, determinaram valores de absorvância no pelame de animais holandeses no nível de 0,902 (93%) para o preto e 0,518 (35%) para o branco. Essa característica absorviva reflete no aumento da temperatura de superfície dos animais de pelame de cor predominantemente preta em relação aos de cor branca (Façanha et al., 2010).

No presente estudo, observou-se que vacas de pelame preto apresentaram temperatura superficial mais elevada ($35,49 \pm 0,08^\circ\text{C}$) que vacas predominantemente branca ($35,05 \pm 0,08^\circ\text{C}$). Resultados semelhantes foram encontrados por Façanha et al. (2010), ao estudar características do pelame de vacas Holandesas no semiárido, verificaram que a temperatura superficial de vacas de pelame branco foi menor ($34,05 \pm 0,073^\circ\text{C}$) que a apresentada por vacas de pelame preto ($37,77 \pm 0,073^\circ\text{C}$). Pocay et al. (2001) observaram resultados similares, no entanto, os valores foram 44,59 e 38,18°C para temperatura de superfície do pelames preto e branco, respectivamente. Estes valores demonstram que a pigmentação da pele e dos pelos, se por um lado aumentam 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).

A dissipação de calor por evaporação cutânea seguiu a mesma tendência da temperatura superficial do pelame quanto à predominância na cor do pelame. Assim, observou-se que vacas de cor preta dissiparam maior quantidade de energia térmica

(186,32 ±4,09) que vacas de pelame de cor branco (158,24 ±6,04). Uma explicação para este achado pode ser a relação direta entre a taxa de sudação da pele e a temperatura da superfície de vacas, como foi correlacionada por Finch et al. (1982), Hillman et al. (2001), Maia et al. (2005a , b) e Silva e Maia (2011).

A produção de leite acarreta em aumento na produção de calor metabólico devido ao maior aporte de nutrientes para síntese dos componentes do leite, assim, individualmente, vacas de alta produção são mais vulneráveis ao estresse por calor que vacas de baixa produção de leite (Kadzere et al., 2002). Neste sentido, o presente estudo demonstrou que vacas produzindo média de 20 kg.leite.dia⁻¹ eliminam maior quantidade de calor quando comparada a vacas que produzem 14 kg.leite.dia⁻¹, mesmo não havendo diferença na temperatura superficial do pelame para as categorias, sendo os valores representados por 185,27±5,55 e 169,40±4,86 W.m⁻², respectivamente.

A produção de leite é reduzida em condições de temperaturas acima do conforto térmico para vacas lactantes (Barbosa et al., 2004). Portanto, o uso de ventilação e aspersão é uma estratégia eficiente para reduzir os efeitos negativos das altas temperaturas sobre vacas em lactação, e, assim, promover a redução das taxas fisiológicas como a frequência respiratória e a temperatura de superficial (Baccari, 2001). Em nosso estudo, utilizando um sistema de resfriamento (ventilação + aspersão) por um período de 20 minutos no curral de espera, foi observado redução significativa nos valores de frequência respiratória e evaporação respiratória, assim como na temperatura superficial e evaporação cutânea. Nossos resultados corroboram os encontrados por Almeida et al. (2011), ao submeter vacas Girolando a um sistema de resfriamento adiabático evaporativo por 30 minutos, verificaram redução nas variáveis fisiológicas: temperatura retal, frequência respiratória e temperatura do pelame. Em nosso estudo, o declínio nas respostas das variáveis fisiológicas ocorreu no momento em que o curral de espera apresentava temperatura ambiente de 25,4°C umidade relativa de 72,8% e ITGU de 75,7, sendo que, antes de chegar ao curral de espera, os animais estavam sob condição de temperatura ambiente, umidade relativa e ITGU de 30°C, 54% e 82, respectivamente.

Embora a temperatura do ar no curral de espera tenha ficado dentro do limite da zona de termoneutralidade (4-26°C), diferentemente da encontrada no curral de confinamento (30°C), a umidade relativa encontrava-se acima do valor limite (70%) para o conforto de vacas lactantes em clima quente (Huber, 1990; Nääs e Arcaro Júnior, 2001). No entanto, segundo Perissinoto e Moura (2007), quando a temperatura do ar

encontra-se próximo ao limite superior da zona de termoneutralidade (26°C), independente dos valores de umidade relativa, a sensação de conforto térmico para vacas em lactação é boa. No tocante aos valores de ITGU, Souza et al. (2004) ao trabalhar com sistema de resfriamento em instalações *freestall* para bovinos, encontraram valores similares (77) aos nossos achados; contudo, ambos encontravam-se em condições de estresse térmico, uma vez que Baêta e Souza (2010) consideram valor de ITGU de 74 a 78 como estresse leve, por outro lado, a área de confinamento a céu aberto apresentou valores mais elevados que os encontrados no curral de espera, na pré-ordenha. Porém, não se sabe se esses valores de ITGU podem ser considerados críticos para o gado leiteiro mestiço. É possível que o impacto desse índice seja maior sobre o gado Holandês puro, que foi o tipo racial utilizado para o seu desenvolvimento (Buffington et al., 1981).

Portanto, a condição de climatização na instalação aumenta a capacidade de perda de calor por meio da convecção (via sensível) e evaporação (latente) (Nääs e Arcaro Junior. 2001; Arcaro Junior et al., 2003), isto por promover um gradiente térmico entre o animal e o ambiente, este resfriamento ameniza os efeitos negativos do estresse sobre a síntese e secreção do leite, e também sobre o consumo de alimentos.

Ademais, sob condição de estresse térmico, a síntese e secreção de ocitocina durante a ordenha pode ser prejudicada, e, assim, agravar os efeitos negativos do estresse térmico sobre a produção de leite. Bruckmaier et al. (1993) destacam que elevadas concentrações plasmáticas de cortisol prejudicam a síntese e secreção de ocitocina pela hipófise, acometendo a processo de descida do leite.

Conclusões

Os modelos de predição baseados na frequência respiratória e temperatura do pelame podem ser utilizados para estimar a perda de calor latente em vacas leiteiras Holandês x Gir, mantidas em condições de campo aberto.

A dissipação de calor por meio do trato respiratório e superfície cutânea correspondem, em média, a 12,1% e 87,9% de vacas leiteiras criadas nas coordenadas 07° 22' 45,1''S, 36° 31' 47,2''W, sob temperatura do ar média de 27,3°C.

Referências

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G. A. P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.7, p.754-760, 2011.

ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, C. A. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.350-354, 2003.

BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental de vacas leiteiras em climas quentes. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. Ambiente em edificações rurais – conforto animal. 2ª ed. Viçosa: Editora da UFV. 2010. 269p.

BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.26, n.01, p.115-122, 2004.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE, Michigan*, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

BRUCKMAIER, R.M.; SCHAMS, K.; BLUM, J.W. Milk removal in familiar and unfamiliar surroundings: concentrations of oxytocin; prolactin; cortisol and β -endorphin. *Journal of Dairy Research*, v.60, n.4, p.449-456, 1993.

ENCARNAÇÃO, R. O. Estresse e produção animal. In: *Ciclo Internacional de Palestras Sobre Bioclimatologia Animal*, 1989, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, p.111-129, 1989.

FAÇANHA, D. A. E.; SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; GUILHERMINO, M. M.; VASCONCELOS, A. M. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.4, p.837-844, 2010.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPO, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FINCH, V. A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.36, p.497-508, 1985.

GAUGHAN, J. B.; HOLT, S. M.; HAHN, G. L.; MADER, T. L.; EIGENBERG, R. Respiration Rate – Is It a Good Measure of Heat Stress in Cattle? *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v.13, p.329-332, 2000.

HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to termal stress. *Animal Reproduction Science*, v.83-84, p.349-360, 2004.

HILLMAN, P. E.; LEE, C. N.; PARKHURST, A. Impact of hair color on thermoregulation of dairy cows to direct sunlight. In: *The Annual International Meeting of the ASAE*, Sacramento. Paper no. 014301, 2001.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. In: *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba: FEALQ, p.33-48, 1990.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, v.77, p.59-91, 2002.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latente heat loss from body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, v.50, p.17-22. 2005a.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss flux of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, v.49, n.5, p.332-336, 2005b.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: a prediction model. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.10, p.1837-1843, 2008.

McLEAN, J. A. Measurement of cutaneous moisture vaporization from cattle by ventilated capsules. *Journal of Physiology*, v.167, p.417-426, 1963.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JUNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

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.

ROBERTSHAW, D. *Dukes, fisiologia dos animais domésticos: regulação da temperatura e o ambiente térmico*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.899-909, 2006.

RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G. FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.7, n.2, p.1197-1211, 2010.

SILVA, R. G. 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. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

SILVA, R. G.; LASCALA JUNIOR, N.; LIMA FILHO, A. E.; CATHARIN, M. C. Respiratory heat loss in the sheep: a comprehensive model. *International Journal of Biometeorology*, v.46, p.136-140, 2002.

SILVA, R. G.; LaSCALA JUNIOR, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the body surface of cattle and other animals. *Transaccion of the ASEA*, v.46, n.3, p.913-918, 2003.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. Evaporative cooling and cutaneous surface temperature of Holstein cows in tropical conditions. *Brazilian Journal Animal Sciences*, v.40, p.1143-1147, 2011.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M.; QUEIRO, J. P. A. F. Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. *International Journal of Biometeorology*, v.56, p.927-932, 2012.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MARCHETO, F. C.; SALGADO, D. D. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento 'freestall' para bovinos de leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.2/3, p.299-303, 2004.

STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; MUÑOZ, M.; BARBOSA, G. S. S. C.; COSTA, M. J. R. P. Análise de Algumas Variáveis Fisiológicas para Avaliação do Grau de Adaptação de Ovinos Submetidos ao Estresse por Calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 5, p.2070-2077, 2002.

STOWELL, R. R. Heat stress relief and supplemental cooling. In: *Dairy Housing and Equipment Systems Conference Proceedings*. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Agricultural and Biological Engineering Department, Cornell University, Ithaca, NY, n. 129, 2000.

TURNPENNY, J. R.; WATHES, C. M.; CLARK, J. A.; McARTHUR, A. J. Thermal balance of livestock. 2. Applications of a parsimonious model. *Agricultural Forest Meteorology*, v.101, p.29-52, 2000.

VILELLA, E. G. Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. Thermal Confort, 1993.

Artigo III

Comportamento termorregulatório de vacas leiteiras criadas em ambiente semiárido

Resumo: Objetivou-se, a partir deste estudo, verificar o tempo de exposição ao sol e a preferência na orientação em relação à direção do sol de vacas Holandês x Gir em lactação, criadas em regime de confinamento a céu aberto, no semiárido brasileiro. Os dados foram coletados em dois grupos de vacas, sendo um com oito animais de pelame de coloração predominantemente branco e outro com dezoito animais de pelame predominantemente preto. Para caracterização do ambiente, foram registradas, diariamente, as variáveis ambientais temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e velocidade do vento. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que vacas leiteiras Holandês x Gir permanecem mais tempo na sombra que exposta ao sol. Vacas pretas permanecem mais tempo em pleno sol em comparação as brancas e preferem se posicionar com o eixo do corpo formando um ângulo azimutal de 0°, quando a temperatura do ar ultrapassa os 25°C.

Palavras-chave: ângulo azimutal, postura corporal, radiação solar

Abstract: The objective of this study from, check the time of exposure to the sun and the preference in orientation relative to the direction of the sun Holstein x Gyr dairy cows, raised in the open confinement in the Brazilian semiarid region. Data were collected in two groups of cows, one with eight animals predominantly white coloring hair coat and another eighteen animal fur predominantly black. To characterize the environment, were recorded daily environmental variables air temperature, relative humidity, black globe temperature and wind speed. The behaviors observed were location (shade and sun) and orientation of the animal in relation to the direction of the sun (0 and 90°). According to the results obtained, it was concluded that dairy cows Holstein x Gyr remain longer in shadow exposed to sunlight. Black cows remain longer compared in full sun and white prefer to position the axis of the body forming an

azimuthal angle of 0°, when the air temperature exceeds 25°C.

Keywords: azimuthal angle, body posture, solar radiation

Introdução

Um dos maiores desafios enfrentados pela bovinocultura de leite na zona intertropical, concerne aos efeitos negativos do estresse térmico causado pelas elevadas temperaturas e intensa radiação solar somado ao desgaste oriundo da lactação. Em resposta a esses fatores, os animais usam uma variedade de mecanismos fisiológicos, morfológicos e comportamentais para lidar com as condições ambientais que podem resultar em estresse por calor e desequilíbrio no balanço hídrico corporal (Cain et al., 2006).

Dentre os mecanismos adotados pelos animais para controlar a temperatura corporal, destaca-se o comportamento, sendo este a estratégia primária de um animal para lidar com as mudanças no ambiente térmico (Tapki e Sahin, 2006). Sobretudo, quando se trata das condições ambientais do semiárido brasileiro, o qual apresenta temperatura média relativamente constante ao longo do ano, oscilando entre 23 e 27°C, com amplitude térmica diária próxima de 10°C, além da intensa incidência quase vertical dos raios solares, o que favorece as elevadas temperaturas.

De acordo com Pires et al. (2000), as vacas modificam o seu comportamento a fim de reduzir os efeitos danosos da radiação solar direta. Assim, a restrição de atividades diárias em alguns horários pode reduzir a carga de calor e perda de água. Também, estratégias como mudanças contínuas na orientação do corpo são comportamentos comumente utilizados por ruminantes criados em ambientes quentes para manutenção da temperatura corporal (Moloney et al., 2005; Cain et al., 2006). Ao longo do dia, os animais podem ajustar-se em relação à posição do sol e direção do vento, principalmente, no intuito de aumentar ou diminuir a carga térmica que incide na superfície do pelame e otimizar a transferência de calor por convecção (Kennedy e Day, 1989; Moloney et al., 2005; Keren e Olson, 2007; Hertem et al., 2011).

Outra estratégia comportamental utilizada pelos animais leiteiros para se manter em equilíbrio térmico é abrigar-se sob estruturas de sombreamento, quando disponíveis, sejam elas naturais ou artificiais (Tucker et al., 2008). De acordo com as suas

características de isolamento térmico, absorção e refletividade da radiação solar, estruturas de sombreamento podem reduzir, aproximadamente, 30% da carga térmica radiante, quando comparado à carga radiante recebida pelo animal ao ar livre (Baêta e Souza, 2010).

Neste contexto, poucos trabalhos têm sido realizados com base em observações de bovinos pertencentes aos diferentes grupos genéticos leiteiros, no intuito de conhecer os padrões comportamentais da termorregulação destes animais, quando criados em ambientes tropicais. Assim, objetivou-se, a partir deste estudo, verificar o tempo de exposição ao sol e a preferência na orientação em relação à direção do sol de vacas Holandês x Gir em lactação, criadas em regime de confinamento a céu aberto, no semiárido brasileiro.

Material e Métodos

Local

O experimento foi conduzido na fazenda Bodopitá, na microrregião do Cariri Oriental, localizada no município de Caturité, Paraíba, Brasil (07° 22' 45,1'' latitude sul, 36° 31' 47,2'' longitude oeste e 405 m de altitude), no período de 15 de abril a 25 de maio de 2014. A microrregião do Cariri Oriental da Paraíba apresenta vegetação de caatinga, com clima semiárido e índice pluviométrico em torno de 400 mm/ano. Na classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Bsh, com temperatura média anual de 24°C.

Animais e Manejo

Foram utilizadas 26 vacas mestiças (7/8 Holandês x Gir), distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os animais foram divididos de acordo com a coloração do pelame, sendo o primeiro grupo com oito animais de pelame de coloração predominantemente branco e o segundo grupo com dezoito animais predominantemente preto, com média de 556±21,23 kg de peso vivo, sendo todas multíparas, após o pico de lactação, com média de produção de 18 kg.dia⁻¹.

As vacas eram mantidas em um sistema intensivo de criação, sendo alojadas em áreas a céu aberto (50 m de comprimento x 25 m de largura) com bebedouros e comedouros coletivos, além de sombras naturais de algarobeiras (*Prosopis Juliflora*) (Figura 1). Foram realizadas duas ordenhas ao dia, de forma mecanizada, nos horários

de 04:30 e 15:30 horas.

A alimentação dos animais era composta de feno de tifton, silagem de milho, palma forrageira, farelo de soja, farelo de milho e farelo de trigo fornecida na forma de dieta completa às 05:00, 12:00 e 17:00 horas. A suplementação mineral e vitamínica foi oferecida em cochos cobertos com consumo *ad libitum*.

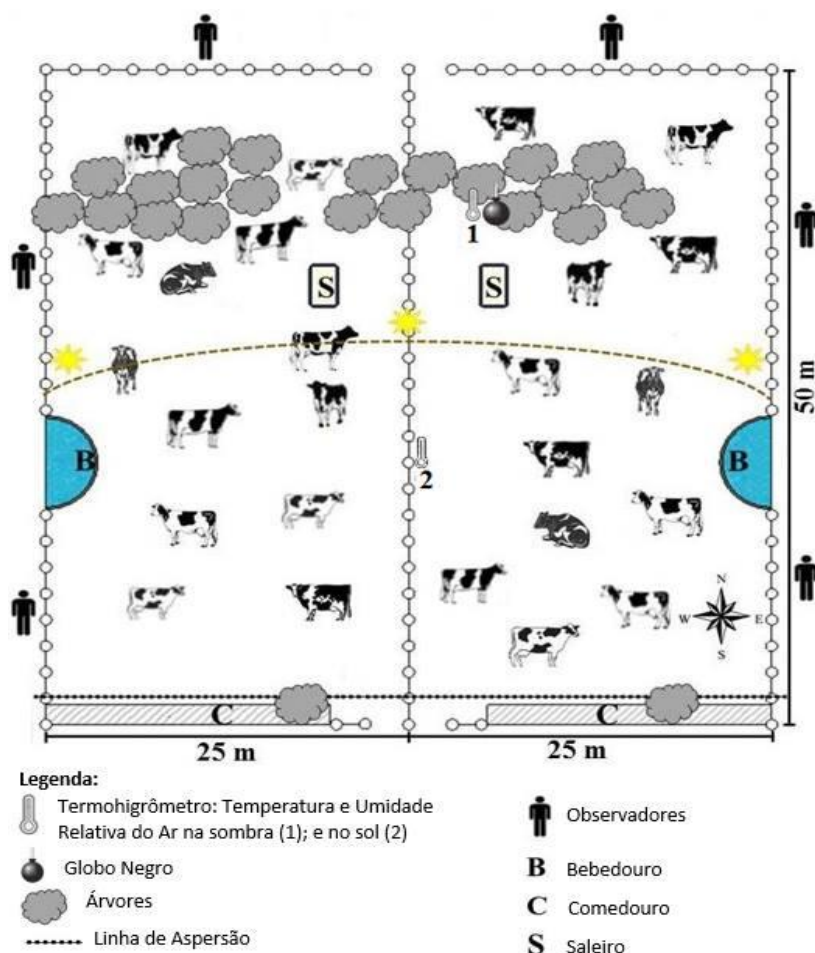


Figura 1. Esquema da área onde os animais permaneceram durante as observações comportamentais e demonstração do posicionamento do eixo corporal no ângulo azimutal aproximado de 0 e 90° em relação à direção do sol.

Colheita dos dados

Para caracterização do ambiente de confinamento as variáveis ambientais foram coletadas diariamente das 5:00 às 17:00 horas durante o período experimental, em intervalos de duas horas. Foram mensuradas temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), temperatura de globo negro (TGN) e velocidade do vento (VV) em dois pontos distintos na área de confinamento: à sombra e área de pleno sol (Figura 1).

A TA, UR, VV e TGN foram obtidos utilizando um conjunto de termohigrômetros, anemômetro e termômetros de globo negro, respectivamente, a 1,20 m do chão. De posse dos dados climáticos, foram calculados o índice de temperatura de globo negro e umidade; $ITGU = TGN + 0,36 Tpo + 41,5$, em que: TGN: temperatura do globo negro, (°C); Tpo: temperatura de ponto de orvalho (°C), conforme Buffington et al. (1981).

Os comportamentos das vacas foram avaliados de forma direta e contínua, das 05 às 14 horas, sendo realizadas cinco repetições, totalizando 45 horas ou 2.700 minutos de observações. As observações foram feitas pelo método animal focal (Martin e Bateson, 1986). Os registros foram realizados em planilhas individuais para cada animal e os estados comportamentais medidos segundo sua duração, em minutos.

Os estados comportamentais foram divididos em duas categorias: comportamento de localização e orientação do animal em relação à trajetória do sol. Assim, mensuraram-se os tempos (minutos) para a localização, foi registrado se o animal encontrava-se na área de pleno sol ou na sombra proporcionada pelas algarobeiras. Para orientação corporal em relação à direção do sol, foi registrado se animal encontrava-se na posição paralela (0°) ou perpendicular (90°).

Análises Estatísticas

As análises foram feitas mediante o procedimento “Generalized Linear Mixed Model” e as médias comparadas pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade. Todas as análises foram feitas por meio do software estatístico SAS, 2011.

Resultados

Observou-se que as variáveis bioclimáticas apresentaram amplitude média diária significativa; na sombra, a temperatura do ar oscilou de 21 a 30,2°C, umidade relativa de 87,7 a 52,6%, enquanto o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) variou de 69,9 a 82,9. No entanto, a amplitude dessas variáveis foi maior quando registradas a pleno sol, a temperatura e umidade relativa do ar atingiram valores que variaram de 21,1 a 32,3°C e 92,5 a 44,1%, respectivamente, e de 69,8 a 90,2 para o ITGU, sendo os valores mais críticos registrados às 13 horas (Fig. 2).

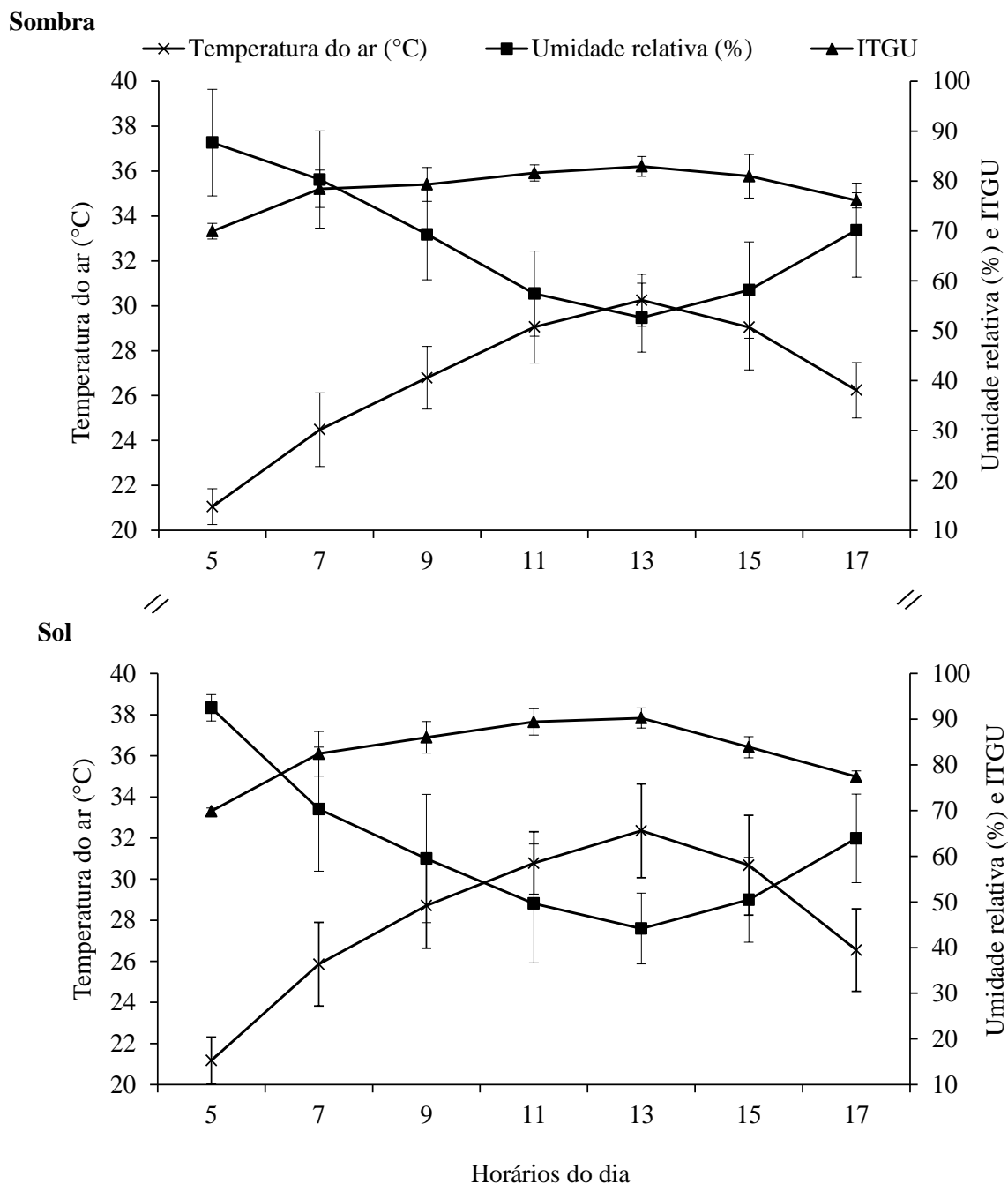


Figura 2. Variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (Média±DP) na sombra e no sol, nas coordenadas 7°22'45,1"S e 36°31'47,2"W, no semiárido brasileiro.

Houve variação ($P < 0,05$) no tempo total que as vacas permaneceram na sombra e expostas ao sol. Os animais passaram mais tempo abrigados sob as árvores que expostos ao sol, condição verificada em todos os horários de observação. No intervalo das 05 às 08 horas, os animais permaneceram em torno de 60% do tempo na sombra,

enquanto que das 8 às 11 e das 11 às 14 horas o percentual de tempo sob as árvores aumentou e o tempo de exposição ao sol reduziu (91,1 e 86,2% vs. 8,9 e 13,8%, respectivamente; Fig. 3).

O percentual de tempo de exposição ao sol no eixo corporal paralelo (0°) e perpendicular (90°) à direção do sol apresentou variação significativa em função dos horários do dia. Vacas permaneceram mais tempo orientadas com o eixo corporal perpendicular à direção do sol, ou seja, ângulo azimutal de 90° e, conseqüentemente, menos tempo no ângulo azimutal de 0° , ou seja, orientadas com o eixo corporal paralelo à direção do sol, nos diferentes horários de observação (60, 62 e 65% vs. 40, 38 e 35%, respectivamente; $P < 0,05$; Fig. 4).

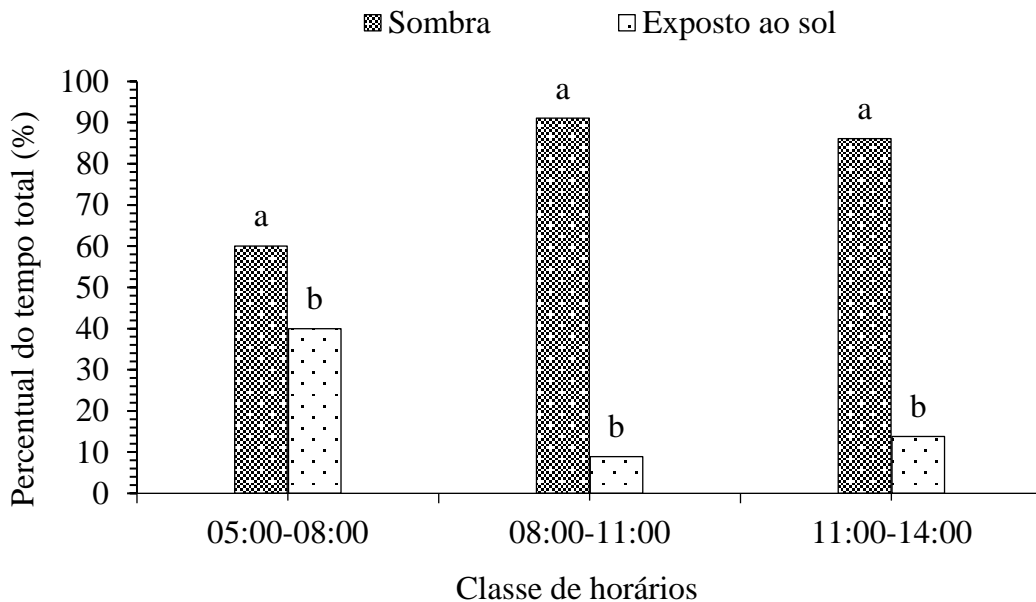


Figura 3. Percentual do tempo total que as vacas permaneceram na sombra e ao sol durante o dia.

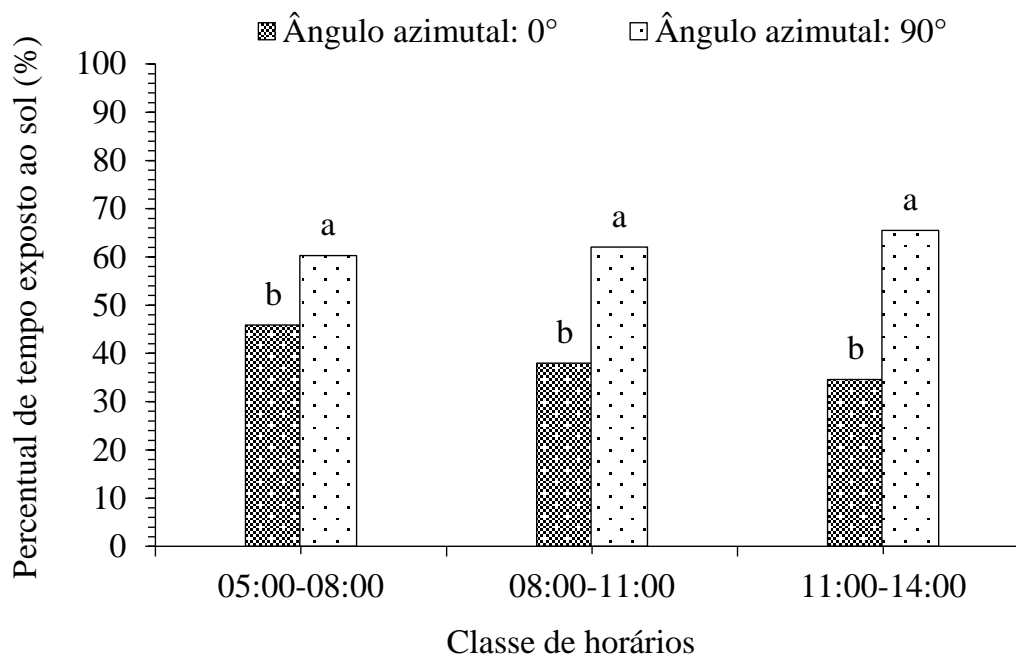


Figura 4. Percentual de tempo que as vacas permaneceram expostas no sol, nos ângulos azimutais aproximados de 0 e 90°.

Houve variação no percentual de tempo de exposição ao sol entre vacas predominantemente brancas e pretas, em relação aos horários do dia que foram observadas. No intervalo de 5 a 8 horas vacas pretas permanecerem 57,28% do tempo expostas a área de pleno sol em comparação as vacas brancas (42,72%), condição semelhante ocorreu de 11 a 14 horas. Contudo, verificou-se maior amplitude de tempo de exposição ao sol, por vacas brancas e pretas, das 8 às 11 horas (26,72 vs. 73,28, respectivamente; $P < 0,05$; Fig. 5).

O tempo que vacas brancas e pretas dispenderam com o eixo corporal paralelo (0°) e perpendicular (90°) à direção do sol sofreu variação ao longo do dia. Vacas brancas, quando expostas voluntariamente ao sol, empregaram maior parte do tempo orientada no ângulo azimutal de 90°, situação observada em todos os horários estudados. No entanto, o mesmo não ocorreu com vacas predominantemente pretas, estas mudaram sua orientação em função dos horários do dia; assim, no intervalo de 5 a 8 horas vacas pretas permaneceram 64,73% do tempo posicionadas a 90° à direção do sol, no entanto, a situação se inverteu a partir das 8 horas, quando este grupo de animais dispenderam, aproximadamente, 62% do tempo orientados no ângulo azimutal de zero grau ($P < 0,05$; Fig. 6).

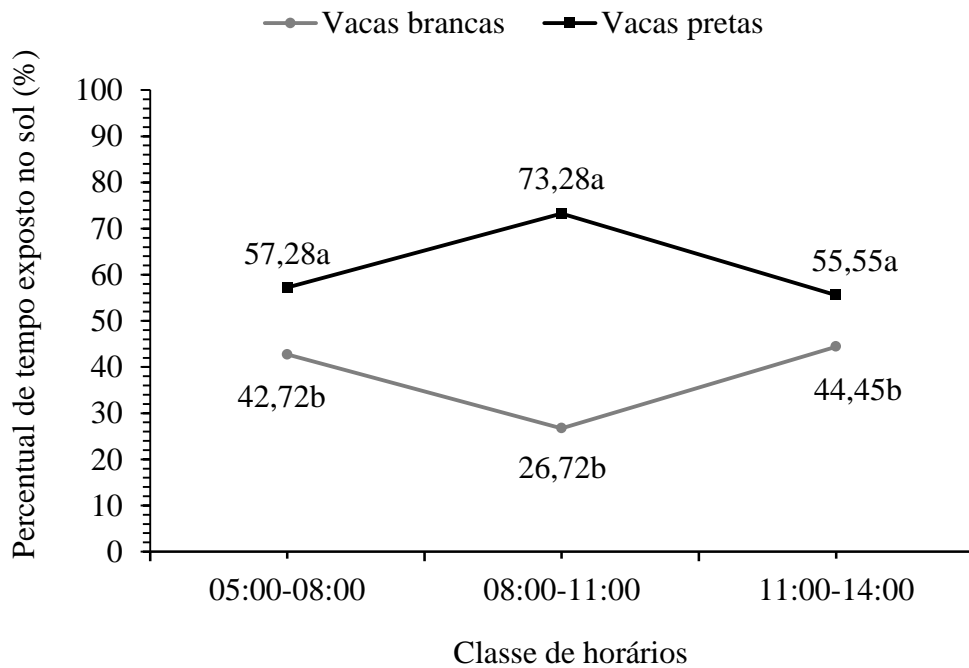


Figura 5. Percentual de tempo que vacas predominantemente brancas e pretas permaneceram expostas ao sol durante o dia.

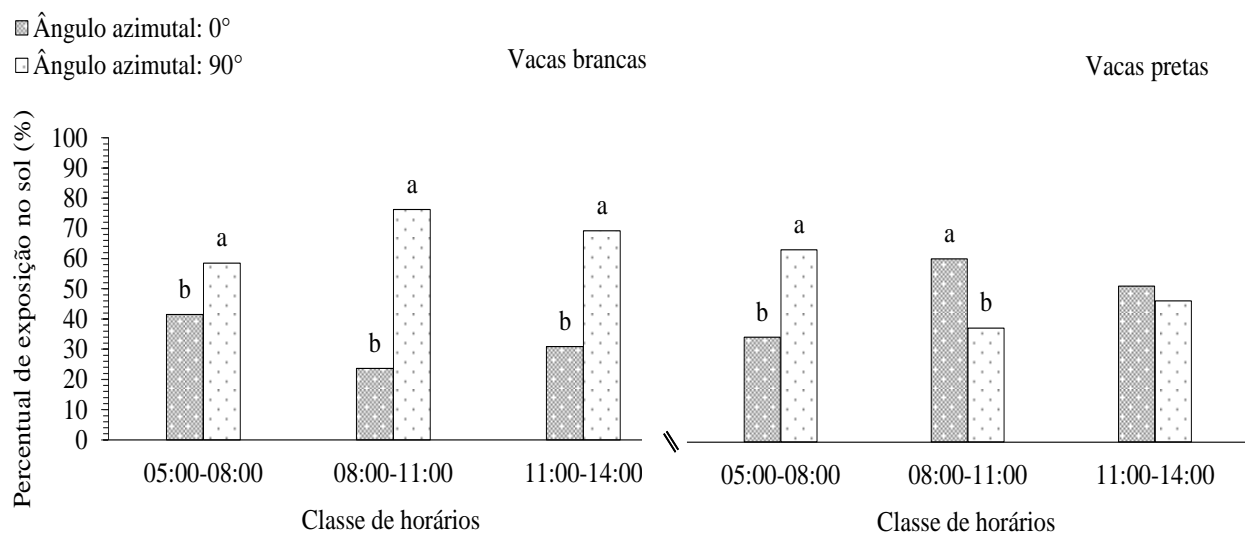


Figura 6. Tempo (%) que vacas predominantemente brancas e pretas permaneceram expostas ao sol, orientadas a 0 e 90° em relação a trajetória do sol.

Discussão

O aumento da carga térmica, causada por fatores ambientais, como temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar, provoca respostas comportamentais e fisiológicas, incluindo o aumento da temperatura corporal e taxa de respiração, redução no consumo de ração e aumento na procura por áreas sombreadas (West 2003; Tapkı e Sahin, 2006; Schütz et al. 2009). Neste sentido, vacas usam sombra prontamente quando dado acesso a ela, e o fornecimento de sombra pode aliviar os efeitos negativos da carga térmica (Kendall et al, 2006; Tucker et al, 2008). No presente estudo, observou-se que vacas procuraram se proteger dos efeitos do ambiente térmico nos horários mais críticos do dia (08 a 14 horas), permanecendo, aproximadamente, 90% do tempo total abrigadas sob as árvores e apenas 10% do tempo total expostas ao sol.

Pesquisas na mesma área descobriram que vacas leiteiras aumentaram o uso de sombra quando a temperatura ambiente é superior a 25°C (Fisher et al., 2002). Nossos resultados reforçam esta afirmação, pois os animais começam a procurar proteção sob as árvores nas primeiras horas do dia (05 a 08 horas), sendo que a temperatura do ar a pleno sol apreventava-se, em média, a 26°C, enquanto na sombra essa temperatura encontrava-se, em média, a 24°C, ficando o restante do dia com temperaturas acima da faixa recomendada para vacas leiteiras, de 5 a 25°C (Baêta e Souza, 2010).

Quando na sombra, vacas leiteiras optam por ficar na posição deitada e podem permanecer nesta condição por até 12 horas diárias (Schütz et al., 2008). Em estudos com bovinos leiteiros, Tucker et al. (2008) e Schütz et al. (2009) constataram que vacas eram mais propensas a usar sombra que forneceu mais proteção contra a radiação solar. Esta situação ocorreu provavelmente devido aos microclimas mais frios criados pelas estruturas de proteção contra radiação solar. Contudo, Shearer et al. (1991) relataram que as vacas preferem sombra de árvores, em vez de estruturas feitas pelo homem, devido à eficácia no bloqueio da radiação solar e da evaporação a partir de folhas, que arrefece o ar circundante.

Os animais, no referido trabalho, permaneceram mais tempo na área sombreada certamente pelas condições térmicas mais amenas registradas nesse local. No entanto, o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), o qual considera os efeitos combinados da temperatura do ar, umidade relativa, radiação e vento, atingiu valor crítico superior de 82, na sombra, e 90,2 na área de pleno sol, valores registrados às 13 horas.

Observando os valores registrados de ITGU e baseando-se na classificação proposta por Baêta e Souza (2010), verificou-se que o único momento que as vacas encontravam-se em condições de conforto térmico era às 05 horas, com valor de ITGU de 69, para ambos os locais (sombra e sol), constatando a homogeneidade térmica na área de confinamento nas primeiras horas do dia. Esses autores afirmam que valores de ITGU até 74 definem situação de conforto para os bovinos; de 74 a 78, situação de alerta; de 79 a 84, situação perigosa, e acima de 84, emergência, para vacas leiteiras.

Sob condições de altas temperaturas ambientais e intensa radiação animais usam estratégias relativamente simples para regular a temperatura interna, como a orientação do corpo ou as alterações posturais para equilibrar o ganho de calor oriundo da radiação solar e evitar a desidratação (Kennedy e Day, 1989; Moloney et al., 2005; Keren e Olson, 2007; Hertem et al., 2011). Assim, verificou-se que vacas leiteiras quando se expuseram voluntariamente ao sol priorizam se posicionar com o eixo corporal perpendicular à direção do sol, ou seja, perfazendo um ângulo azimutal de 90°.

De acordo com Silva (2000), se consideramos o animal como um cilindro horizontal com dimensões de 2 metros de comprimento e 0,90 m de diâmetro médio corporal e calcularmos o fator de conformação para esse cilindro, observamos que, conforme o ângulo azimutal tende a zero grau (0°) menor será o fator de conformação, ou seja, menor é a área iluminada na superfície do cilindro pela fonte de radiação. Portanto, nessa posição a área de superfície corporal efetivamente atingida pelos raios é menor, o que causaria menor desconforto térmico nos animais. Entretanto, os animais em estudo permaneceram maior tempo recebendo mais radiação solar direta em função da orientação perpendicular (90°) adotada por eles, isto, por expor maior área de superfície corporal aos raios solares.

Contudo, a orientação do animal pode ter outros objetivos como, por exemplo, aproveitar as correntes massas de ar para otimizar a dissipação de calor por meio da termólise convectiva (Gebremedhin, 1987). A predominância dos animais orientados perpendicularmente à direção do sol, em nosso estudo, pode estar em função da direção e movimentação das massas de ar, pois, sabe-se que no Brasil os ventos predominantes seguem a orientação sul (Baêta e Souza, 2010). À média da velocidade do vento nos horários de ITGU mais elevados encontrava-se em torno de 3,2 m/s, sendo que Hahn (1985) sugere velocidade do ar de 2,2 m/s como ótima para produção de bovinos leiteiros. Assim, supostamente a carga térmica ganha pelos animais posicionados a 90° seja compensada pela maior carga de energia térmica perdida nessa orientação.

Ademais, Maloney et al. (2005), estudando ruminantes africanos, concluíram que o comportamento de orientação diminui quando há uma fonte segura de água disponível, uma vez que água é um excelente condutor de calor, justificativa que possivelmente pode ter contribuído para nossos resultados.

Os principais atributos que afetam a resistência dos bovinos leiteiros ao ambiente quente é a natureza da superfície cutânea. A cor do pelame é a principal característica envolvida nos processos de tolerância ao calor, uma vez que determina até que grau a proporção de radiação solar incidente sobre a superfície do animal é absorvida (Hansen e Lander, 1988). Neste sentido, observou-se que vacas predominantemente pretas permaneceram por maior período de tempo expostas ao sol em comparação às predominantemente brancas. Esse tempo oscilou de 55,5 a 73,2% para vacas pretas e de 26,8 a 44,5 para as brancas. Vale ressaltar que o maior e menor tempo de exposição a pleno sol, por vacas pretas e brancas, respectivamente, ocorreu no intervalo de 08 a 11 horas, quando o ITGU atingiu 89,7.

De acordo com Hansen e Lander (1988), mesmo havendo cerca de 40% a mais de reflexão e, apenas, aproximadamente, 35% de absorção da radiação solar incidente em pelagens brancas em comparação às pelagens pretas de mesmo comprimento e textura (Silva et al., 2003). Vacas predominantemente brancas evitam se expor ao sol por longos períodos de tempo, isso, porque, as malhas de pelame branco apresentam sob essas áreas epiderme despigmentada, condição que torna esses animais mais vulneráveis aos efeitos danosos da radiação ultravioleta, com maior ocorrência de melanomas (Façanha et al., 2010). Assim, o papel termorregulador do pelame pode ser dividido em dois processos: proteção contra o excesso de absorção da radiação solar e dissipação do excesso de calor da superfície do animal (Finch, 1985).

No presente estudo, observou-se que vacas brancas quando expostas ao sol priorizam se orientar no ângulo azimutal de 90°, como apresentado anteriormente, essa posição aumenta a área de incidência da radiação na superfície do animal, o que teoricamente aumentaria a carga de energia térmica sobre essas vacas. Contudo, a radiação causa menor efeito térmico nesse grupo de animais em função da maior reflexão e menor absorção da radiação solar. No entanto, o mesmo comportamento não foi verificado em vacas pretas.

Assim, observou-se que vacas pretas alteram a orientação do eixo corporal em relação à posição do sol ao longo do dia. No intervalo de 05 a 8 horas, esses animais dispenderam mais tempo orientados no ângulo azimutal de 90° (64%), enquanto que da

08 às 11 horas ocorreu a inversão na orientação do eixo corporal do animal para a posição paralelo (0°), permanecendo 60% do tempo nessa condição. A mudança na orientação do corpo em relação à posição do sol, possivelmente, visou à redução da radiação solar incidente na superfície, pois se trata de animais com alta taxa de absorção da radiação solar, cerca de 93% (Silva et al.2003).

Assim, vacas com pelame de cor escura absorvem mais radiação solar. No entanto, estas apresentam maiores taxas de perda de calor em comparação aos animais com pelame claro (Silva et al, 2003; Maia et al. 2005), atributo que pode justificar o maior tempo de permanência desse grupo de animal ao sol. Então, vacas pretas por serem mais eficientes no processo de termólise se permitem passar mais tempo expostas ao sol.

Maloney et al. (2005), estudando o efeito da orientação em ruminantes africanos, de pelagem escura e de conformação corporal cilíndrica semelhantes aos bovinos leiteiros, concluíram que ao minimizar a área de superfície exposta à radiação solar em uma orientação paralela, esses animais podem absorver 30% menos calor radiante comparando se estivessem em uma posição perpendicular.

Em estudos com bovinos leiteiros, Almeida et al. (2008) concluíram que animais quando expostos ao sol, apresentam maior preferência do posicionamento em pé com o eixo corporal formando um ângulo azimutal de 0° , evidenciando que os animais têm a percepção de se posicionarem frente ao sol de tal forma que uma menor área de sua superfície corporal receba a incidência solar direta. No entanto, estudos sobre o posicionamento do eixo do corpo em relação à direção do sol e do vento de bovinos leiteiros em ambiente tropical são escassos e precisam ser estudados, e, assim, aumentar nossa compreensão no que se refere aos processos de termorregulação comportamental.

Conclusões

Vacas leiteiras Holandês x Gir independente de sua coloração permanecem mais tempo na sombra que exposta ao sol. Quando expostas voluntariamente ao sol, preferem se posicionar com o eixo corporal formando um ângulo azimutal de 90° em relação à direção do sol.

Vacas pretas permanecem mais tempo em pleno sol em comparação as brancas e preferem se posicionar com o eixo do corpo formando um ângulo azimutal de 0° em relação à direção do sol, quando a temperatura do ar ultrapassa os 25°C .

Referências

ALMEIDA, B. C. N.; MENEZES, N. B.; COSTA, C. C. M.; SILVA, L. F.; MAIA, A. S. C. Orientação com relação à radiação solar e busca por bombra de vacas holandesas manejadas em região semi-árida. In: Anais da 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais..., Lavras, MG. 2008

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. Ambiente em edificações rurais – conforto animal. 2ª ed. Viçosa: Editora da UFV. 2010. 269p.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, Michigan, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CAIN, J. W.; KRAUSMAN, P. R.; ROSENSTOCK, S. S.; TURNER, J. C. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. Wildlife Society Bulletin, v.34, p.570-581, 2006.

FAÇANHA, D. A. E.; SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; GUILHERMINO, M. M.; VASCONCELOS, A. M. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.4, p.837-844, 2010.

FINCH, V. A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. Australian Journal of Agricultural Research, v.36, p.497-508, 1985.

FISHER, A. D.; ROBERTS, N.; MATTHEWS, L. R.. Shade: its use by livestock and effectiveness at alleviating heat challenge. Report to MAF Policy. New Zealand., 2002.

GEBREMEDHIN, K. G. Effect of animal orientation with respect to wind direction on convective heat loss. Agricultural and Forest Meteorology, v.40, p.199-206, 1987.

HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: Yousef. M. K. Stress physiologic. Boca Rotan: CRC Press, v.2, p.52-145, 1985.

HANSEN, E. S. E.; LANDER, A. L. Coat color and stress in cattle. In: INTERN. Conference on Livestock in the tropics. University of Florida, Gainesville, 1988.

HERTEM, R. S.; Strausa W. M.; Heusinkveld, B. G.; Bie, S.; Prins, H. H. T.; Wieren, S. E. Energy advantages of orientation to solar radiation in three African ruminants. *Journal of Thermal Biology*, v.36, p.452-460, 2011.

KENNEDY, A. D.; DAY, A. C. Orientation to the sun of British and exotic breed cross cows during the winter. *Applied Animal Behavior Science*, v.24, p. 115-125, 1989.

KENDALL, P. E.; NIELSEN, P. P.; WEBSTER, J. R.; VERKERK, G. A.; LITTLEJOHN, R.P.; MATTHEWS, L.R. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*, v.103, p.148-157, 2006.

KEREN, E. N.; OLSON, B. E. Applying thermal imaging software to cattle grazing winter range. *Journal Thermal Biology*, v.32, p. 204-211, 2007.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Environmental and genetic variation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions. *Livestock Production Science*, v.92, p.307-315, 2005.

MALONEY, S. K.; MOSS, G.; CARTMELL, T.; MITCHELL, D. 2005. Alteration in diel activity patterns as a thermoregulatory strategy in black wildebeest (*Connochaetes gnou*). *Journal of Comparative Physiology*, v.191, p.1055-1064, 2005.

MARTIN, P.; BATESON, P. Measuring behaviour: an introductory guide. Cambridge University Press: Cambridge-UK. 1986.

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeitos do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2. Teresina, 2000. Anais... Teresina: SNPA, p.87-104, 2000.

SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

SILVA, R. G.; LaSCALA JUNIOR, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the body surface of cattle and other animals. Transaccion of the ASEA, v.46, n.3, p.913-918, 2003.

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R.; MATTHEWS, L. R. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. Applied Animal Behaviour Science, v.114, p.307-318, 2008.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. Applied Animal Behaviour Science, v.116, p.28-34, 2009.

SHEARER, J. K.; BEEDE, D. K.; BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R. Environmental modifications to reduce heat stress in dairy cattle. Agricultural Practice, v.12, p.7-18, 1991.

TAPKI, I.; SAHIN, A. Comparison of the thermoregulation behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. Applied Animal Behaviour Science, v.99, p.1-11, 2006.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; SCHUTZ, K. E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. Applied Animal Behaviour Science, v.109, p.141-154, 2008.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. Journal Dairy Science, v.86, p.2131-2144, 2003.