

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/08/2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E TERMORREGULAÇÃO DE
VACAS HOLANDÊS (PB) EM AMBIENTE TROPICAL**

Patric André Castro
Zootecnista

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E TERMORREGULAÇÃO DE
VACAS HOLANDÊS (PB) EM AMBIENTE TROPICAL**

Patric André Castro

**Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro
Campos Maia**

**Coorientador: Dr. Vinícius de França
Carvalho Fonseca**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

2018

C355r Castro, Patric
Respostas fisiológicas e termorregulação de vacas
Holandês (PB) em ambiente tropical / Patric Castro. --
Jaboticabal, 2018
49 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,
Jaboticabal
Orientador: Alex Maia
Coorientador: Vinicius Fonsêca

1. Radiação solar.. 2. Conforto térmico.. 3. Frequência
respiratória., 4. Vacas Holandês., I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos
pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E TERMORREGULAÇÃO DE VACAS HOLANDÊS (PB) EM AMBIENTE TROPICAL

AUTOR: PATRIC ANDRÉ CASTRO

ORIENTADOR: ALEX SANDRO CAMPOS MAIA

COORIENTADOR: VINICIUS DE FRANÇA CARVALHO FONSÊCA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Pós-doutorando VINICIUS DE FRANÇA CARVALHO FONSÊCA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. SHEILA TAVARES NASCIMENTO
Departamento de Medicina Veterinária / UnB - Brasília / DF

Prof. Dr. MARCELO SIMÃO DA ROSA
Departamento de Medicina Veterinária / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do SUI de Minas Gerais, Muzambinho

Jaboticabal, 26 de fevereiro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Possui formação técnica e Agroindústria e Gestão pelo Centro Estadual de Educação Profissional Assis Brasil em Clevelândia/Paraná e graduação em Zootecnia com ênfase em produção animal sustentável pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Campus de Chapecó. Com experiência em bioclimatologia, etologia e bem-estar animal. Integrante do Grupo de Ambiência e Bem-Estar Animal (GABA) e egresso do Grupo PETZOO, no qual designou suas atividades de pesquisa e ensino (monitoria voluntária em bioclimatologia animal) nas áreas da bioclimatologia, etologia e bem-estar animal. Integrou a equipe responsável pelo projeto de implantação da Empresa Junior no Curso de Zootecnia (Zootec Jr.), também atuou como Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento desta EJ. Atualmente mestrando em Biometeorologia Animal pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus Jabotical (FCAV-UNESP) - São Paulo. Integrante do Grupo de Inovação em Biometeorologia Animal (INO BIO).

Epígrafe

Não encontre defeitos. Encontre soluções.
Qualquer um sabe queixar-se.

Henry Ford

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças que meu deu ao longo da minha vida, principalmente pelas pessoas que passaram na minha vida, principalmente pela minha família.

Aos meus pais, Pedro e Delci Castro, pela educação, carinho e amor que me deram.

Ao meu filho, Diogo H. de S. Castro pelo carinho, amor, compreensão, confiança e amizade incondicional.

As minhas irmãs Simone, Giselle e Suellen pelo amor, carinho e até mesmo pelas cobranças e atritos que tivemos, pois nos transformamos em quem somos devido as pessoas que nos cercam.

A toda a minha família, Avó (Etermidia Locatelli), tios (Dalgoci, Iraci e Nanci) por todo apoio incondicional sempre que precisei.

As professoras Carolina M. Baretta e Maria Luísa A. N. Zotti pelos conselhos, direcionamento e apoio durante a graduação.

Aos meus colegas amigos e colegas de trabalho do laboratório de Bioclimatologia Animal, Ângela, Ana, Bruno, Carolina, Cíntia, Eric, Gustavo, Elivânia e Tarsys por todo apoio, ajuda e confiança.

Ao Professor Marcelo Simão da Rosa , toda a equipe do setor de bovinocultura de leite e ao Instituto Federal do Sul de Minas - Campus de Muzambinho , por permitirem a apoiarem a execução da pesquisa.

Ao Professor Alex Sandro Campos Maia pelos ensinamentos, compreensão e confiança.

Ao Vinícius de França Carvalho Fonseca pela amizade, ensinamentos, confiança e apoio incondicional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por me conceder uma bolsa, indispensável para a execução da pesquisa (Processo FAPESP N° 2016/11810 - 1).

SUMÁRIO

Certificado da Comissão Interna de Biossegurança	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIACÕES.....	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISO DE LITERATURA.....	2
2.1 Sistemas de Produção e adaptação de Bovinos leiteiros no Brasil	2
2.2. Termorregulação de bovinos leiteiros em ambiente tropical	4
3. MATERIAL E MTODOS.....	13
3.1. Animais, local e desenho experimental.....	13
3.2. Variveis meteorolgicas.....	15
3.3. Variveis fisiolgicas.....	16
3.4. Determinação do equilbrio trmico	16
3.5. Anlise Estatstica.....	17
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSSO	27
6. CONCLUSO	30
7. REFERNCIAS.....	30
ANEXOS	35
8. MATERIAL SUPLEMENTAR	35
8.1. Animais e Instalações	35
8.2. Habituação e condicionamento de animais	37
8.3. Dados do teste piloto.....	38
8.3.1. 1 Dia: Calibração do espirmetro	38
8.3.2. 2 Dia: Teste do sistema com os animais	39
8.3.3. Gases (O ₂ , CO ₂ e CH ₄)	39
8.3.4. Medidas respiratrias (<i>F</i> , <i>V_E</i> e <i>V_{RC}</i>) e espirmetro	40
8.4. Coletas de dados	42
8.5. Determinação do equilbrio trmico.....	46
8.5.1. Temperatura radiante mdia.....	46
8.5.2. Perdas sensveis de calor	47

8.5.3. Perdas latentes de calor	47
8.5.4. Metabolismo	48
8.6. Estação Meteorológica.....	49
8.7. Produção de Leite	49

Certificado da Comissão Interna de Biossegurança

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**CERTIFICADO**

Certificamos que o projeto intitulado "Variação circadiana da emissão de metano (CH₄) entérico associado as respostas fisiológicas de vacas holandesas submetidas a um sistema de resfriamento evaporativo visando a economia de água", protocolo nº 7.810/16, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 06 de julho de 2016.

Vigência do Projeto	01/07/2016 a 20/12/2017
Espécie / Linhagem	Bovinos/Holandês
Nº de animais	16 animais
Peso / Idade	600kg / 4, 5 e 6 anos
Sexo	Fêmeas
Origem	FCAV/Unesp

Jaboticabal, 06 de julho de 2016.


Prof.ª Dr.ª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E TERMORREGULAÇÃO DE VACAS HOLANDÊS (PB) EM AMBIENTE TROPICAL

RESUMO - O estudo dos efeitos do ambiente térmico radiante sobre as respostas fisiológicas e termorregulação de animais sob diferentes ambientes em região tropical pode resultar em achados relevantes sobre a adaptação a esse meio. O presente estudo teve como objetivo investigar as respostas termorregulatórias de vacas da raça Holandesa expostas e protegidas da radiação solar direta. Foram utilizadas doze vacas Holandesas multíparas com produção média de leite de 20 kg, 676 kg de peso vivo e 120 dias de ordenha, foram distribuídas aleatoriamente em quatro quadrados latinos 6x6 sob duas condições ambientais distintas, sendo seis animais destinados a um piquete com pastagem e seis estabulados em galpão tipo Free Stall. As variáveis meteorológicas avaliadas foram temperatura do ar (T_{AR} , °C), umidade relativa (U_R , %), radiação solar (R_S , $W\ m^{-2}$), temperatura radiante média (T_{RM} , °C) e velocidade do vento (V_V , $m\ s^{-1}$). Dados fisiológicos, incluindo frequência respiratória (F_R , resp min^{-1}), ventilação (V_E , $L\ s^{-1}$), proporções dos gases respiratórios (oxigênio, O_2 ; dióxido de carbono, CO_2 ; metano, CH_4), temperatura retal (T_R , °C), da epiderme (T_{EP} , °C) e temperatura superficial (T_S , °C). Ao caracterizar o ambiente térmico radiante foi evidenciado que há um menor gradiente de temperatura entre T_S e T_{RM} em comparação ao gradiente entre T_S e T_{AR} mesmo em animais protegidos da radiação solar direta. A exposição das vacas a radiação solar direta influenciou na elevação das temperaturas profundas e conseqüentemente em maiores perdas de calor de forma sensível e latente em comparação aos animais protegidos da radiação solar, no entanto, a F_R dos animais em ambos os ambientes ficaram numa faixa considerada de normalidade, entre $30,24 \pm 0,45$ a $40,17 \pm 0,72$ resp min^{-1} . As perdas de calor por evaporação do trato respiratório tiveram baixa representatividade no equilíbrio térmico das vacas nos dois ambientes. As perdas de calor por vias sensíveis somadas a evaporação respiratória contribuem para a dissipação de menos de 30% do calor produzido pelo metabolismo, tanto para animais protegido quanto expostos a radiação solar direta.

Palavras-chave: radiação solar, conforto térmico, taxa respiratória

PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND THERMOREGULATION OF HOLSTEIN COWS IN TROPICAL ENVIRONMENT

ABSTRACT - The study of the effects of radiant thermal environment on the physiological responses and thermoregulation of animals under different environments in a tropical region may result in relevant findings on the adaptation to this environment. This work aimed to investigate the thermoregulatory responses of Holstein cows protected and exposed to direct solar radiation. Twelve multiparous Holstein cows with average milk yield of 20 kg, 676 kg of live weight, and 120 days in milking, were randomly assigned in four 6x6 latin square design under two management system, being six subjects managed on pasture and six in housed system. The following variables were evaluated: air temperature (A_T , °C), relative humidity (R_H , %), solar radiation (S_R , $W\ m^{-2}$), mean radiant temperature (M_{RT} , °C) and wind speed (W_S , $m\ s^{-1}$). Physiological data including respiratory rate (R_R , $breaths\ min^{-1}$), ventilation (V_E , $L\ s^{-1}$), proportions of respiratory gases (oxygen, O_2 ; carbon dioxide, CO_2 ; methane, CH_4). Additionally, rectal (T_R , °C), skin (T_{EP} , °C), and hair coat surface temperature (T_S , °C) were also collected. In characterizing the radiant thermal environment it was evidenced that there is a lower temperature gradient between T_S and T_{RM} compared to the gradient between T_S and T_{AR} even in animals protected from direct solar radiation. The exposure of cows to direct solar radiation influenced the elevation of deep temperatures and consequently greater heat losses in a sensitive and latent way in comparison to the protected animals of solar radiation, however, the RF of the animals in both environments were in a range considered of normal, between 30.24 ± 0.45 to $40.17 \pm 0.72\ resp\ min^{-1}$. The evaporative heat losses of the respiratory tract had low representativeness in the thermal equilibrium of cows in both environments. Heat losses by sensible routes combined with respiratory evaporation contribute to the dissipation of less than 30% of the heat produced by metabolism, both for protected animals and exposed to direct solar radiation.

Key words: solar radiation, thermal comfort, respiratory rate

LISTA DE ABREVIACES

A = rea da superfície corporal (m^2)

CH_4 = Metano

CH_{4ATM} = Metano inspirado (%)

CH_{4EXP} = Metano liberado no sistema respiratório (%)

CO_2 = Dioxido de carbono (%)

CO_{2ATM} = Proporção de CO_2 na atmosfera (%)

CO_{2EXP} = Proporção de CO_2 no ar expirado (%)

d = dimensão característica do corpo(m)

ECH_4 = Emissão de metano ($L s^{-1}$)

F_R = Frequência respiratória (resp min^{-1})

h_C = Coeficiente de convecção ($W m^{-2} K^{-1}$)

h_G = Coeficiente de convecção do globo negro ($W m^{-2} K^{-1}$)

k = Condutividade térmica do ar ($W m^{-1} ^\circ C^{-1}$)

Nu = Número adimensional de Nusselt.

O_{2ATM} = Proporção de oxignio na atmosfera (%)

O_{2EXP} = Proporção de oxignio do ar expirado (%)

Q_{O_2} = Coeficiente calórico do oxignio ($J L^{-1}$)

$P_{P\{T_{AR}\}}$ = Pressão parcial de vapor a temperatura do ar (kPa)

$P_{S\{T_{EXP}\}}$ = Pressão de saturação do ar expirado (kPa)

$P_{S\{T_S\}}$ = Pressão de saturação da temperatura da superfície (kPa)

Q_{CO_2} = Coeficiente calórico do dioxido de carbono ($J L^{-1}$)

q''_{CONV} = Fluxo de calor por convecção ($W m^{-2}$)

q''_{ER} = Perda de calor por evaporação respiratória ($W m^{-2}$)

q''_{ES} = Perda de calor por evaporação da superfície do animal ($W m^{-2}$)

q''_{MET} = Metabolismo ($W m^{-2}$)

q''_{RL} = Fluxo de calor por radiação ($W m^{-2}$)

R_S = Radiação de solar ($W m^{-2}$)

T_A = Temperatura do ar ($^\circ C$)

T_{EP} = Temperatura da epiderme ($^\circ C$)

T_{EXP} = Temperatura do ar expirado ($^{\circ}C$)

T_S = Temperatura da superfície ($^{\circ}C$)

T_R = Temperatura retal ($^{\circ}C$)

T_{RM} = Temperatura radiante média ($^{\circ}C$)

T_{RMSOL} = Temperatura radiante média ao sol ($^{\circ}C$)

T_G = Temperatura do globo negro ($^{\circ}C$)

ϵ_G = Emissividade do globo negro

U_R = Umidade relativa da atmosfera (%)

V_{RC} = Volume respiratório corrente ($L \text{ resp.}^{-1}$)

λ = Calor latente ($J \text{ g}^{-1}$)

σ = Constante de Stefan-Boltzman ($W \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

Ψ_{ATM} = Umidade absoluta da atmosfera ($g \text{ m}^{-3}$)

Ψ_{EXP} = Umidade absoluta da do ar expirado ($g \text{ m}^{-3}$)

Ψ_S = Umidade absoluta do ar que passa pelo interior da cápsula ($g \text{ m}^{-3}$)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perda de calor latente (o) e sensível (+) de vacas Holandesas manejadas em ambiente tropical como função da temperatura do ar. Adaptado de Maia et al. (2005a).	7
Figura 2 - Layout do delineamento experimental.	14
Figura 3- Médias estimadas por quadrados mínimos (\pm EPM) da velocidade do vento (V_V , $m\ s^{-1}$), temperatura do ar (T_{AR} , $^{\circ}C$), umidade relativa (U_R , $^{\circ}C$), temperatura radiante média (T_{RM} , $^{\circ}C$) e radiação solar (R_s , $W\ m^{-2}$).	18
Figura 4 - Médias estimadas por quadrados mínimos (\pm EPM) da diferença entre oxigênio do ar expirado ($O_{2\ EXP}$, %) e oxigênio do ar da atmosfera ($O_{2\ ATM}$, %), diferença entre o dióxido de carbono do ar expirado ($CO_{2\ EXP}$, %) e dióxido de carbono do ar da atmosfera (CO_{2ATM} , %), fluxo de calor metabólico (q_{MET} , $W\ m^{-2}$).	22
Figura 5 - Médias estimadas por quadrados mínimos (\pm EPM) da temperatura do ar expirado (T_{EXP} , $^{\circ}C$), temperatura retal (T_R , $^{\circ}C$), temperatura da epiderme (T_{EP} , $^{\circ}C$), temperatura superficial (T_S , $^{\circ}C$), gradiente de temperatura entre temperatura superficial e temperatura do ar ($T_S - T_{AR}$, $^{\circ}C$), gradiente de temperatura entre temperatura superficial e temperatura radiante média ($T_S - T_{RM}$, $^{\circ}C$).	24
Figura 6 - Médias estimadas por quadrados mínimos (\pm EPM) do fluxo de calor metabólico (q^{MET} , $W\ m^{-2}$), fluxo de calor por convecção (q^{CONV} , $W\ m^{-2}$), fluxo de calor por evaporação respiratória (q^{ER} , $W\ m^{-2}$), fluxo de calor radiação de ondas longas (q^{RL} , $W\ m^{-2}$), fluxo de calor de forma sensível (q^{CONV} , $W\ m^{-2} + q^{RAD}$, $W\ m^{-2}$).	25
Figura 7 - Médias estimadas por quadrados mínimos (\pm EPM) da pressão de saturação de vapor do ar expirado ($P_S \{T_{EXP}\}$, kPa), pressão de parcial de vapor do ar da atmosfera ($P_P \{T_{ATM}\}$, kPa), diferença entre ($P_S \{T_{EXP}\}$ e $P_P \{T_{ATM}\}$, kPa), fluxo de calor pela evaporação no trato respiratório ($W\ m^{-2}$).	27
Figura 8 - Médias estimadas por quadrados mínimos (\pm EPM) da temperatura do ar expirado (T_{EXP} , $^{\circ}C$), temperatura retal (T_R , $^{\circ}C$), temperatura da epiderme (T_{EP} , $^{\circ}C$), temperatura superficial (T_S , $^{\circ}C$), gradiente de temperatura entre temperatura superficial e temperatura do ar ($T_S - T_{AR}$, $^{\circ}C$), gradiente de temperatura entre temperatura superficial e temperatura radiante média ($T_S - T_{RM}$, $^{\circ}C$).	27
Figura 9 - Animais em ambiente protegido da radiação solar direta.....	36
Figura 10 - A) Suplementação de vacas expostas à radiação solar direta; B) Área de pastagem.	36
Figura 11 - Condução de vacas para a área de pastagem.	37
Figura 12 - A) Condicionamento de vacas expostas à radiação solar direta; B) Condicionamento de vacas protegidas da radiação solar direta.	38

Figura 13 - Volume injetado com seringa em intervalos de 10 minutos (Obs: os pontos referem-se a duas curvas selecionadas).....	39
Figura 14 - Teste e calibração dos equipamentos A) Animal protegido da radiação solar direta. B) Animal exposto à radiação solar direta.	39
Figura 15 - Medidas dos gases no baseline às 19:00 h.....	40
Figura 16 - Customização dos dados de ventilação e frequência.....	41
Figura 17 - Trecho extraído.....	41
Figura 18- Plot $F * V_E$	42
Figura 19 - Plot $F * V_{RC}$	42
Figura 20 - Representação esquemática do sistema de medidas fisiológicas. (A) máscara facial, (B) cabeçal de fluxo, (C) câmara misturadora de ar, (D) analisador de vapor de H ₂ O, (E) sensor de temperatura do ar expirado, (F) sistema de aquisição de dados, (G) espirômetro, (H) computador, (I) dissecante, (J) terminal para termistores, (K) são as bombas aspiradoras de ar, (L) coletor de saliva, (CO ₂) analisador de CO ₂ , (O ₂) analisador de O ₂ , (CH ₄) analisador de CH ₄ , (H ₂ O) analisador de vapor de H ₂ O.....	45
Figura 21 - A) Registo de dados de vacas protegidas da radiação solar direta; B) Registo de dados de vacas expostas à radiação solar direta.....	45
Figura 22 - A) Sensor de temperatura da epiderme; B) Sensor da temperatura da superficial; C) Cápsula ventilada.....	46
Figura 23 - A) Analisadores de gás (CH ₄ , CO ₂ e O ₂) e pressão de vapor (atmosfera, ar expirado e cápsula ventilada); B) Visão geral do sistema de medição fisiológica (SMF).....	46
Figura 24 - Estação meteorológica colocada perto da área do pasto.	49
Figura 25 - A) Vista frontal da disposição das vacas na sala de ordenha; B) Ordenha das vacas; C) Avaliação da produção de leite.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficientes de correlação de seis índices bioclimáticos calculados para vacas de Holandesas e Jersey, com respostas dos animais a um ambiente tropical.	10
Tabela 2. Composição nutricional dos alimentos	15

1. INTRODUÇÃO

Devido a evolução de vacas Holandês Preta e Branca (PB) em regiões tropicais, alterações na frequência gênica da população resultaram em modificações nas características morfológicas, fisiológicas e produtivas. Ao ponto que, animais como vacas Holandês Preto e Branco (PB) em região tropical são bem diferentes de exemplares contemporâneos ou animais da mesma raça manejados em clima temperado, Maia et al., (2005b). Resultado da exposição desses animais as condições ambientais dessas regiões, como elevados níveis de carga térmica radiante, temperatura do ar e umidade relativa.

A exposição a essas condições ambientais podem refletir na elevação dos custos energéticos para a exigência de manutenção. Acarretando em ajustes fisiológicos no intuito de garantir a manutenção da homeotermia, no entanto, funções reprodutivas e produtivas podem ser comprometidas (Renaudeau et al., 2011; Bernabucci et al., 2010). O ambiente térmico radiante em região tropical pode afetar até mesmo as respostas fisiológicas e termorregulação de vacas Holandês (PB) oriundas dessas regiões. De forma que a termorregulação desses animais em ambiente tropical tem sido frequentemente investigada e determinada por diversos autores, (daSilva et al., 1989; daSilva, 1999; daSilva, 2000; Maia et al., 2005b; Maia et al., 2005c; daSilva et al., 2007; Maia et al., 2008; daSilva e Maia, 2011; Oliveira et al., 2014; Nascimento et al., 2017; Santos et al., 2017).

Maia et al. (2005b) determinaram o equilíbrio térmico de vacas Holandesas protegidas da radiação solar, numa faixa de temperatura do ar entre 10 a 35 °C e temperatura radiante média alcançando valores máximos de 40 °C. De acordo com esses autores, a perda de calor por evaporação cutânea foi responsável por 20-30% da perda total de calor quando a temperatura do ar esteve entre 10 e 20 °C. No entanto, com aumento da temperatura, a evaporação cutânea na superfície cutânea ganhou progressiva importância, e quando os níveis da temperatura estiveram maiores que 28 °C, essa via latente passou a ser o principal caminho para transferência de energia térmica. Nestas condições, mecanismos sensíveis passaram a ser pouco significativos em virtude do baixo gradiente de temperatura da superfície do pelame com o meio.

Investigações sobre a influência da radiação solar sobre o equilíbrio térmico de vacas holandês (PB) em ambiente tropical, especialmente com

relação aos efeitos provocados sobre o metabolismo incluindo o consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono, além do balanço de calor sensível e latente são importantes balizadores para tomadas de decisões referentes escolha de rebanho, sistemas de criação a manejos a serem adotados em região tropical. A partir dessa investigação, objetivou-se avaliar a influência do ambiente térmico radiante sobre as respostas fisiológicas e equilíbrio térmico de vacas Holandês (PB) em ambiente tropical.

6. CONCLUSÃO

Faixas de T_{RM} abaixo 34 °C não alteram a termoregulação e respostas fisiológicas de vacas Holandesas.

As perdas de calor por vias sensíveis somadas a evaporação respiratória contribuem para a dissipação de menos de 30% do calor produzido pelo metabolismo, tanto para animais protegido quanto expostos a radiação solar direta.

7. REFERÊNCIAS

ALVIM, M. J. et. al. **Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvipastoris.** 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteRecriadeNovilhas/mercados.htm#topo>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2018.

BRAMBILLA, D.M.et al. **Impact of nitrogen fertilization on the forage characteristics and beef calf performance on native pasture overseeded with ryegrass.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.41, n.3, p.528-536, 2012.

BERMAN A. **Extending the potential of evaporative cooling for heat-stress relief.** *Journal of Dairy Science* **89**, 3817–3825, 2006.

BERMAN A. **Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates?** *J. Dairy Sci.* 94:2147–2158, 2011.

BERNARDINO, F.S., TONUCCI, R.G., GARCIA, R. et al. **Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.

BILBY, T.R, TATCHER, W.W, HANSEN, P.J. **Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico.** In: **Anais do 13º Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos;** 2009, Uberlândia. Uberlândia: Conapec Jr; p. 59-71. 2009.

BAETA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D. et al. **Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows.** In: MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1987, Baltimore. Proceedings... Baltimore: American Society of Agricultural Engineers, 1987. [mimeo.]

BOHMANOVA, J., I. MISZTAL, and J. B. Cole. 2007. **Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress.** J. Dairy Sci. 90:1947–1956.

BOHMANOVA, J., I. MISZTAL, S. TSURUTA, H. D. NORMAN, and T. J. Lawlor. **National genetic evaluation of milk yield for heat tolerance of United States Holsteins.** Interbull Bull. 33:160–162, 2005.

BOONKUM, W., I. MISZTAL, M. DUANGJINDA, V. PATTARAJINDA, S. TUMWASORN, AND J. SANPOTE. **Genetic effects of heat stress on milk yield of Thai Holstein crossbreds.** J. Dairy Sci. 94:487–492, 2011.

BUFFINGTON, D.E. et al. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.** Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

COLLIER, R.J.; ELEY, R.M.; SHARMA, A.K.; PEREIRA, R.M.; BUFFINGTON, D.E. **Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows.** Journal of Dairy Science, Champaign, v.64, p.844-9, 1981.

Carvalho, Marcos Davi de. **Equilíbrio térmico e emissão de metano em vacas Jersey.** 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Zootecnia, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2015. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136021/000858133.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 fevereiro 2018.

Costa, Cíntia. C. M. **Efeito da radiação solar e temperatura na emissão de metano associado à produção e perda de calor em bovinos.** 2013. 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87906/000750657.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 fevereiro 2018.

Cotton, W.R.; Pielke, R.A. **Human impacts on weather and climate.** Cambridge: Cambridge University Press, p. 288, 1995.

daSILVA RG, MORAIS DAEF, GUILHERMINO MM **Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions.** Rev Bras Zootecnia 36:1192–1198, 2007.

DIKMEN S., HANSEN P.J. **Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?** J. Dairy Sci., 92, 109–116, 2009.

Dikmen S., Cole J.B., Null D.J., Hansen P.J. **Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle.** J. Dairy Sci., 95, 3401–3405, 2012.

Dikmen S., Cole J.B., Null D.J., Hansen P.J. **Genome-wide association mapping for identification of quantitative trait loci for rectal temperature during heat stress in Holstein cattle.** PLoS One, 8, e69202, 2013.

DOMINGOS, H.G.T.; MAIA, A.S.C.; SOUZA JR. J.B.F.; SILVA, R.B.; VIEIRA, F.M.C.; SILVA, R.G.; **Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region.** Livestock Science, v.154, p.169-174, 2013.

FACÓ, O., LÔBO, R.N.B., MARTINS FILHO, R., MARTINS, G.A., DE OLIVEIRA, S.M.P., Machado Ribeiro Azevêdo, D.M. **Additive and non-additive genetic effects on productive and reproductive traits in Holstein × Gir crossbred cows.** R. Bras. Zootec.;37:48–53, 2008.

FREUND, R.J.; LITTELL, R.C. **SAS® System for Regression**, 3rd ed. SAS Institute Inc, Cary, NC, 2000.

FINCH, V.A. **Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds.** Aust.J.Agric.Res.36,497–508, 1985.

KADZERE, C.T., MURPHY, M.R., SILANIKOVE, N., MALTZ, E. **Heat stress in lactating dairy cows: a review.** Livestock Production Science, 2002.

GAUGHAN, J.G.; GOOPY, J.; SPARK, J. **Excessive heat load index for feedlot cattle.** Sydney: MLA Ltda. (Meat and Livestock-Australia Project Report, 316). 2002.

Gebremedhin, K. G.; Hillman, P. E.; Lee, C. N.; Collier, R. J.; Willard, S. T.; Arthington, J. D.; Brown-Brandl, T. M. **Sweating rates of dairy cows and beef heifers in hot conditions.** Transaction of the ASABE, vol 51 (6): p. 2167-2178, 2008.

GIMENES, F.M. de A.; SILVA, S.C. da; FIALHO, C.A.; GOMES, M.B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. **Ganho de peso e produtividade animal em**

capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.751-759, 2011.

Harvey, W. R. **Least-Squares analysis of data with unequal subclass numbers**, Beltville: U,S,D,A, publi, nº 20-8, 1960.

Holmes, C.W.; Wilson, G.F. **Milk Production from pasture: Produção de leite a pasto**. Tradução Caielli, E.L. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. p.708, 1989.

Incropera, F. P.; DeWitt, D. P.; Bergagman, T. L.; Lavine, A. S. Radiação e propriedades. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. Rio de Janeiro: LTC, p. 460- 490, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 14 fevereiro de 2018.

KLEIBER, M. **Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics**. Publisher: Krieger Publishing Company, October, 1975.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

IGONO, M.O., STEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D.; JOHSON, H.D. **Spray cooling effects on milk production, milk and retal temperature of cows during a moderate temperature summer season**. Journal of Dairy Science, Lancaster, v. 68, p. 979-85, 1985.

LITTELL, R.C.; FREUND, R.J.; SPECTOR, P.C. **SAS® System for Linear Models**, Third Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., p. 329, 1991.

MCLEAN, J.A. **On the calculation of heat production from open-circuit calorimetric measurements**. Br. J. Nutr. 27, 597–600, 1972.

McARTHUR, A. J. **Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model**. Journal Theoretical Biology. v.126, p.203-238, 1987.

Maia, A.S.C.; Nascimento, S.T.; Nascimento, C.C.N.; Gebremedhin, K.G. **Thermal equilibrium of goats**. Journal of Thermal Biology. v, 58, p. 43-49, 2016.

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

MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. **Sensible and Latent Heat Loss from the Body Surface of Holstein Cows in a Tropical Environment.** International Journal of Biometeorology, v,50, n,1, p. 17-22, 2005b.

MONTEITH, J.L. **Specification of the environment for thermal physiology.** In: MONTEITH, J.L., MOUNT, L.E. (Eds.) Heat loss from animals and man. London: Butterworths. p.1-17, 1974.

OLIVEIRA, M.D.S. de. **Pecuária leiteira. Aspectos ligados à reprodução e produção de vacas leiteiras.** Jaboticabal. Funep. 1998.

OLIVEIRA, S.E.O., COSTA, C.C.M., SOUZA, J.B.F. JR., QUEIROZ, J.P.A.F., CAMPOS MAIA, A.S., COSTA, L.L.M. **Short-wave solar radiation level willingly tolerated by lactating Holstein cows in an equatorial semi-arid environment.** Trop. Anim. Health Prod. 2014.

RENAUDEAU D, GOURDINE JL, ST-PIERRE NR. **A meta-analysis of the effect of high ambient temperature on growing–finishing pigs.** Journal of Animal Science **89**, 2220–2230, 2011.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J.L. AND COLLIER, R.J. **Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production.** Animal, 6: 707-728, 2012.

Rhoads, M.L., R.P. Rhoads, M.J. VanBaale, R.J. Collier, S.R. Sanders, W.J. Weber, B.A. Crooker, and L.H. Baumgard. **Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin.** J. Dairy Sci. 92:1986-1997, 2009.

SILANIKOVE N. **Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.** Livest Prod Sci 67:1–18, 2000.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal.** São Paulo: Nobel/FAPESP, p. 125, 2000.

SILVA, R. G. **Manual de procedimentos em análise por quadrados mínimos.** Jaboticabal: FUNEP, p. 169, 1993.

SILVA, R.G. **Biofísica ambiental. Os animais e seu ambiente.** Jaboticabal: FUNEP, 16-17p., pag.66, 2008.

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

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorology.** New York: Springer, p. 39-74, 2013.

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

daSILVA R.G.; **Estimate of radiation heat balance of Holstein cows in the sun and under the shade in a tropical environment.** Braz J Anim Sci 28: 1403-1411, 1999.

STRECK, N. A.; **Climate change and agroecosystems: the effect of elevated CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield.** Ciência Rural, v.35, p.730-740, 2005.

SILVA, R. G.; GUILHERMINO, M. M.; FAÇANHA-MORAIS, D. A. E. **Thermal radiation absorbed by dairy cows in the pasture.** International Journal of Biometeorology, Kent, v. 54, n. 1, p. 5-11, 2010

ST-PIERRE, N. R., B. COBANOV, AND G. SCHNITKEY. **Economic losses from heat stress by US livestock industries.** J. Dairy Sci. 86(E. Suppl.):E52–E77, 2003.

THOM, E.C. Cooling degrees - days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

VILELA, D.; ALVES, E. **A evolução do leite no Brasil em cinco décadas.** p. 5–24, 2017.

vonKEYSERLINGK, M.A., MARTIN, N.P., KEBREAB, E., KNOWLTON, K.F., GRANT, R.J., STEPHENSON, M., SNIFFEN, C.J., HARNER, J.P. III, WRIGHT, A.D., SMITH, S.I. **Invited review: Sustainability of the US dairy industry.** J. Dairy Sci. 2013.

WEST, J.W. **Effects of heat-stress on production in dairy cattle.** Journal of Dairy Science, Savoy, IL, v86, p.2131-2144, 2003.