



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL

**O BOI TROPICAL É ADAPTADO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO CERRADO DE  
FEIRA NOVA DO MARANHÃO?**

FRANCISCA GONÇALVES DE OLIVEIRA E SILVA

TERESINA-PI

2023

FRANCISCA GONÇALVES DE OLIVEIRA E SILVA

**O BOI TROPICAL É ADAPTADO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO CERRADO DE  
FEIRA NOVA DO MARANHÃO?**

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

Área de concentração: Genética, Melhoramento Genético e Reprodução Animal nos Trópicos.

Orientadora: Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

TERESINA-PI

2023

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial CCA  
Serviço de Representação Temática da Informação

S586b

Silva, Francisca Gonçalves de Oliveira e.

O boi tropical é adaptado às condições climáticas do cerrado de feira nova do Maranhão? / Francisca Gonçalves de Oliveira e Silva. - 2023.

54 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, 2023.

“Orientadora: Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo.”

1. Índices bioclimáticos. 2. Raça nativa - bovinos. 3. Tolerância ao calor. I. Azevedo, Danielle Maria Machado Ribeiro. II. Título.

CDD 636.2

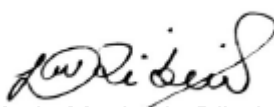
Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**O BOI TROPICAL É ADAPTADO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO CERRADO DE  
FEIRA NOVA DO MARANHÃO, MARANHÃO?**

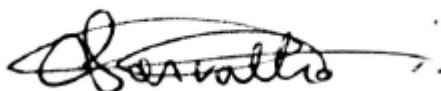
FRANCISCA GONÇALVES DE OLIVEIRA E SILVA

Dissertação aprovada em: 27/02/2023

Banca Examinadora:



Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo  
Pesquisadora da Embrapa  
Professora da Pós-Graduação em Zootecnia Tropical/UFPI  
Orientadora



Geraldo Magela Côrtes Carvalho  
Pesquisador da Embrapa  
Membro da Banca



Delano de Sousa Oliveira  
Bolsista CNPq/DTI-A  
Membro da Banca

Dedico a DEUS em primeiro lugar por não me ter  
deixado cair e desistir.  
A meus queridos pais,  
Manoel de Jesus e Maria dos Reis Gonçalves que sempre  
estão presentes em toda minha vida.  
Aos meus filhos Guilherme e Geovanna (*in memoriam*)  
por toda força e amor que me transmitem.  
Ao meu esposo por toda dedicação comigo nesse  
processo tão árduo e difícil.  
E a todos que de alguma  
forma foram importantes nesse processo longo  
de aprendizado e conclusão desse trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus por todo amor e todas as bênçãos na minha vida, sem Ele eu não seria nada.

A meus queridos pais, Manoel de Jesus Oliveira e Maria dos Reis Gonçalves que nunca tiveram a oportunidade de estudar, analfabetos e da roça que não limitaram seus sonhos para cada um de nós filhos, o sonho da formatura e uma vida digna vinda de nossos estudos.

A todos os meus professores desde os primeiros anos de aprendizado quando criança e aos que me ajudaram até hoje nesse processo de Mestrado, minha gratidão eterna.

Ao meu querido Pe. Gonçalo Teixeira por me deixar mais perto de Deus nos momentos mais difíceis e felizes da minha, obrigada “Papainha” por todo amor.

Ao meu querido esposo Marquiel Felipe por todo amor e cuidado, ao não me deixar desistir nos momentos difíceis desse processo tão intenso que foi o Mestrado. Te amo.

Não posso esquecer minhas irmãs, pelas palavras de carinho e incentivo, e as orações poderosas que me levantaram sempre. Amo vocês.

A minha filha Geovana (*in memoriam*) que através da sua partida foi a minha força para buscar os meus sonhos de estudar e ser uma profissional - obrigada por me ajudar tanto no dia da prova do vestibular. Te amo para todo sempre!

Ao meu querido filho Guilherme Gonçalves, que amo mais que tudo nesse mundo e sem reservas. Obrigada por existir na minha vida meu amor.

A minha avó “Chiquinha” (*in memoriam*) por todo amore cuidado. Queria muito que você estivesse aqui nesse momento.

A minha orientadora Professora Dra. Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo, por ter aceito me orientar e por toda ajuda na conclusão desse trabalho.

A todos meus professores da pós-graduação por todo aprendizado, gratidão.

A Embrapa Meio-Norte por me permitir estagiar nesse período e pela elaboração do projeto, bem como suporte nas coletas em Feira Nova/MA.

Ao Dr. Geraldo Magela pelo apoio e incentivo, e ao Dr. Raimundo Bezerra por terem coração enorme e ter ajudado nas coletas dos dados bioclimáticos do experimento.

E aos meus amigos do Maranhão do curso de Zootecnia (Lucas Maia) e Agronomia (Jhonath Carneiro) do IFMA-São Raimundo das Mangabeiras/MA por toda ajuda árdua nas coletas de dados com os animais. Obrigada e gratidão pela amizade.

A Fazenda Alegria, ao Sr. Oswaldo Massaolshii e Oswaldo Massaolshii Júnior proprietários e todos os seus funcionários, o Sr. José Dias Borges e Hércules dos Santos Costa (vaqueiros), Charliel Moreira Barreira (administração) e Gildelene Ribeiro de Sousa (cozinha).

*Muito obrigada!*

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 BOVINOCULTURA DE CORTE DE RAÇAS LOCALMENTE ADAPTADAS.....</b>	<b>13</b>
<b>3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE BOVINOS LOCALMENTE ADAPTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>4 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM RESPOSTA AO ESTRESSE POR CALOR.....</b>	<b>18</b>
<b>5 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO .....</b>	<b>20</b>
<b>6 CAPÍTULO .....</b>	<b>26</b>
<i>Artigo</i> :O boi tropical é adaptado às condições climáticas do cerrado de Feira Nova do Maranhão? .....	26
Resumo.....	27
Introdução .....	28
Material e Métodos .....	30
Resultados e Discussão .....	34
Conclusões .....	42
Referências .....	43
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>8 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO E DO REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>50</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Número e peso médio dos bovinos de cada grupo genético avaliado, em Feira Nova do Maranhão, em novembro de 2021 .....31
- Tabela 2.** Valores médios, máximos e mínimos para temperatura ambiente, umidade relativa do ar, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura de globo negro, temperatura superficial do solo e velocidade do vento, ao sol e à sombra, em novembro de 2021, em Feira Nova do Maranhão .....34
- Tabela 3.** Parâmetros ambientais e índices bioclimáticos em pleno sol e em ambiente sombreado, pela manhã (9 h) e a tarde (15 horas), em Feira Nova do Maranhão, em novembro de 2021 .....36
- Tabela 4.** Frequência respiratória (FR, em mov./min.) e temperatura retal (TR, em °C) para os grupos genéticos estudados, de acordo com o horário, em novembro de 2021, em Feira Nova do Maranhão .....38
- Tabela 5.** Médias das temperaturas superficiais, em °C, em bovinos Curraleiro Pé-Duro (CPD), Nelore e Tropical, as 9 e 15 horas, em Feira Nova, do Maranhão, em novembro 2021 .....39
- Tabela 6.** Adaptabilidade e tolerância ao calor pelos testes de Benezra (CA), Ibéria (CTC), Ibéria modificado (CTC<sub>mod</sub>) e Rauschenbach-Yerokhin (ITC) por grupo genético (Curraleiro Pé-Duro, Tropical e Nelore), em Feira Nova do Maranhão, em novembro de 2021 .....40



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CA	Coeficiente de adaptabilidade
CTR	Carga térmica radiante
CTC	Coeficiente de tolerância ao calor
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILPF	Integração lavoura-pecuária-floresta
ITGU	Índice de globo negro e umidade
ITU	Índice de temperatura e umidade
ITC	Índice de tolerância ao calor
MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
TCI	Temperatura crítica inferior
TCS	Temperatura crítica superior
TMR	Temperatura média radiante
TR	Temperatura retal
TS	Temperatura superficial
ZTN	Zona de termoneutralidade

SILVA, Francisca Gonçalves de Oliveira e. **O boi tropical é adaptado às condições climáticas do cerrado de Feira Nova do Maranhão?** 2023. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2023.

## RESUMO

No estado do Maranhão, na região oeste do estado, onde predomina o clima tropical quente e úmido (As) o estresse por calor é um dos fatores a interferir no desempenho dos bovinos. Objetivou-se nesse trabalho, mensurar e comparar a adaptabilidade de bovinos Nelore, Curraleiro Pé-Duro e Boi Tropical por meio de parâmetros fisiológicos, testes de conforto térmico e índices ambientais. Esta pesquisa foi realizada na Fazenda Alegria, Feira Nova, Maranhão, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), utilizando-se 22 bovinos de grupos genéticos distintos: raças Curraleiro Pé-Duro e Nelore e Boi Tropical (1/2 Senepol+1/4 Nelore+1/4 Curraleiro Pé-Duro). Em três dias consecutivos coletou-se a temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR), e os dados microclimáticos, manhã e tarde. Os dados microclimáticos foram utilizados para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro (ITGU), e os dados fisiológicos para aplicação nos testes de adaptabilidade Benezra (CA: coeficiente de adaptabilidade), Ibéria (CTC: coeficiente de tolerância ao calor), Ibéria Modificado (CTC<sub>mod</sub>) e Rauschenbach-Yerokin (ITC: índice de tolerância ao calor). As diferenças estatísticas foram obtidas pela análise de variância dos dados (ANOVA) entre os grupos genéticos e entre os tratamentos aplicados (manhã (m): 9 h e tarde (t):15 h, sol e sombra) e identificadas pelo teste de Tukey. Os testes de Ibéria, Ibéria Modificado e Benezra, não foram sensíveis o suficiente para detectar o melhor horário ou grupo genético mais adaptado ( $P>0,05$ ). No entanto, o ITC, do teste de Rauschenbach-Yerokin, demonstrou que o bovino Tropical sofre menos estresse ( $P<0,05$ ) que CPD e Nelore nos dois períodos do dia, apresentando o CPD e o Nelore com respostas similares. Acredita-se que a maior acurácia do ITC resulte da combinação de informação da temperatura ambiente e do animal (TR) em sua fórmula. A FR e TR foram equivalentes para os três grupos avaliados nos turnos da manhã e da tarde ( $P>0,05$ ), respectivamente, 17,3 mov./min e 39,1°C, dentro dos valores considerados fisiológicos para a espécie bovina. O período do dia (manhã ou tarde) e o local (sombra ou pleno sol) não influenciaram os índices ( $P>0,05$ ). Conclui-se pelos dados e índices analisados que o Boi Tropical se mostrou tão bem adaptado quanto o Nelore e o CPD em regiões tropicais sob condições similares às de Feira Nova do Maranhão (MA). O índice de tolerância ao calor de Rauschenbach-Yerokin (ITC) é mais eficiente para detectar diferenças quanto à adaptabilidade de bovinos dos grupos genéticos avaliados e revelou que o Boi Tropical é o mais adaptado às condições climáticas de Feira Nova do Maranhão.

**Palavras-chave:** adaptabilidade, ambiência, índices bioclimáticos, raça nativa, tolerância ao calor.

SILVA, Francisca Gonçalves de Oliveira e. **Is the Tropical cattle adapted to the climatic conditions of the Cerrado de Feira Nova in Maranhão?** Brazil. 2023. 52f. Dissertation (Masters in Tropical Animal Science) – Federal University of Piauí, Teresina, 2023.

### ABSTRACT

In the state of Maranhão, notably in the western region of the state, where the hot and humid tropical climate (As) predominates, heat stress is one of the factors that interfere with cattle performance, especially of locally adapted breeds. The objective of this work is to measure and compare the adaptability of Nelore, Curraleiro Pé-Duro and Tropical cattle through the measurement of physiological parameters, thermal comfort tests and environmental indices. This research was carried out at Fazenda Alegria, Feira Nova, Maranhão, in partnership with the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa), using 22 cattle from different genetic groups: Curraleiro Pé-Duro and Nelore and Tropical Boi breeds (1/2 Senepol+1/4 Nelore+1/4 Curraleiro Pé-Duro). On three consecutive days, rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR) were collected, as well as microclimatic data, morning and afternoon. The microclimatic data were used to calculate the temperature and humidity index (ITU) and the black globe temperature index (ITGU), and the physiological data for application in the Benezra adaptability tests (CA: adaptability coefficient), Iberia (CTC: heat tolerance coefficient), Modified Iberia (CTC<sub>mod</sub>) and Rauschenbach-Yerokin (ITC: heat tolerance index). Statistical differences were obtained by analysis of variance of data (ANOVA) between genetic groups and between treatments applied (morning (m): 9 am and afternoon (t): 3 pm, sun and shade) and identified by Tukey's test. The Iberia, modified Iberia and Benezra tests were not sensitive enough to detect the best time or the most adapted genetic group ( $P > 0.05$ ). However, the ITC of the Rauschenbach-Yerokin test showed that Tropical cattle suffered less stress ( $P < 0.05$ ) than CPD and Nelore in the two periods of the day, with the CPD and Nelore showing similar responses. It is believed that the greater accuracy of the ITC is the result of the combination of information from ambient and animal temperature (TR) in its formula. RR and TR were equivalent for the three groups evaluated in the morning and afternoon periods ( $P > 0.05$ ), respectively, 17.3 movements/min and 39.1°C, within the values considered physiological parameters for the bovine species. The time of day (morning or afternoon) and the location (shade or full sun) did not influence the indices ( $P > 0.05$ ). It is concluded from the analyzed data and indices that the Tropical steer proved to be as well adapted as the Nelore and CPD in tropical regions under conditions similar to those of Feira Nova (MA). The Rauschenbach-Yerokin heat tolerance index (ITC) is more efficient to detect differences in the adaptability of bovines from the evaluated genetic groups and revealed that the Tropical Boi is the most adapted to the climatic conditions of Feira Nova (MA).

**Keywords:** adaptability, ambience, bioclimatic indices, native race, heat tolerance.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A criação de bovinos no Brasil teve início em 1534 com a chegada de animais provenientes da Península Ibérica e da Ilha do Cabo Verde. Esses animais eram europeus, *Bos taurus*, e mais tarde, já no século XIX, zebuínos, *Bos tauros indicus*. Os animais europeus sendo provenientes de regiões temperadas são propícios à alta produtividade, diferente dos zebuínos que, advindos de regiões de climas quentes, possuíam menor produção, porém melhor adaptabilidade aos diferentes climas brasileiros (SILVA et al., 2012; MEDRADO, 2015).

Como animais homeotérmicos, os bovinos tendem a manter a temperatura corporal constante através do fluxo de calor determinado por processos que dependem da temperatura (condução, convecção e radiação) e da umidade (evaporação, via transpiração e respiração) ambiente. Assim, a hipertermia ocorre quando o fluxo de calor para o ambiente é menor que o calor produzido pelo organismo; sendo que, quando os animais se encontram na zona de termoneutralidade os custos fisiológicos são mínimos e a produtividade é aumentada (SOUZA; BATISTA, 2012).

Temperaturas ambientais elevadas são verificadas durante grande parte do ano na maior parte do território brasileiro, principalmente na Região Nordeste, o que pode implicar em exposição dos animais ao estresse térmico por calor, de forma crônica, possibilitando desequilíbrio endócrino e, conseqüentemente, alteração dos desempenhos produtivos e reprodutivos (PINHEIRO et al., 2015).

A bovinocultura de corte tem grande peso na economia do Brasil (GOLONI; MOITA, 2010). Boa parte das áreas de pastagem no território brasileiro, encontra-se sob condições climáticas que determinam estresse térmico por calor em grau mediano e severo (PORFIRIO DA SILVA, 2006).

Neste cenário, o esforço térmico integra o conceito de bem-estar animal, e este último, por sua vez, pode influenciar no desempenho, evitando que os animais sofram com excessivo ganho de calor proveniente do ambiente. O bem-estar animal sempre se mostrou uma das condições primordiais para uma boa produtividade em vários aspectos como produção de carne, leite, ovos e outros derivados de animais.

Quando expostos a um ambiente térmico, no qual a absorção excede a eliminação de calor, todas as fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente o consumo de alimentos e o metabolismo basal e energético, enquanto

a temperatura corporal, a frequência respiratória e a taxa de sudação aumentam. Essas funções indicam tentativas do animal de minimizar o desbalanço térmico para manter a homeotermia (SCHOEDER, 2019). Por outro lado, a temperatura ambiente representa a principal influência climatológica sobre as variáveis fisiológicas temperatura retal e frequência respiratória seguida em ordem de importância pela radiação solar, umidade relativa do ar e movimento do ar. Também tem sido objeto de estudo a frequência cardíaca e os constituintes sanguíneos (OLIVEIRA; JACOME, 2011).

Como o conforto térmico integra o conceito de bem-estar animal, e este último por sua vez, pode influenciar no desempenho animal, o principal e mais importante fator a ser contornado em países tropicais é o efeito do clima quente, evitando-se que os animais sofram com o excessivo ganho de calor proveniente do ambiente (PIRES et al., 2010).

Neste sentido, objetivou-se nesse trabalho comparar a adaptabilidade de bovinos Curraleiro Pé-Duro e Boi Tropical ao Nelore, por meio da mensuração de parâmetros fisiológicos e da aplicação de testes de conforto térmico e de índices ambientais em Feira Nova do Maranhão, Maranhão.

Esta dissertação está dividida em duas partes: I - Introdução Geral e Referencial teórico, redigidos segundo normas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da Universidade Federal do Piauí e, II - Capítulo 1, **O boi tropical é adaptado às condições climáticas do cerrado de Feira Nova do Maranhão?**, no formato de artigo científico, redigido de acordo com normas da Revista Brasileira de Zootecnia, periódico ao qual será submetido.

## **2 BOVINOCULTURA DE CORTE DE RAÇAS LOCALMENTE ADAPTADAS**

O sucesso e a expansão de bovino no território brasileiro se deram, principalmente, em função da sua adaptação em climas tropicais o que fez do Brasil um dos líderes mundiais em produção de carne.

A produção de bovinos vem crescendo e galgando espaço na produção mundial, apresentando um acréscimo de 3.380 milhões de toneladas de produção de carne de 2000-2018. Em 2021, o rebanho bovino no Brasil cresceu pelo terceiro ano consecutivo e alcançou o número recorde da série histórica iniciada em 1974. O

crescimento de 3,1% na comparação com 2020 fez o número de cabeças chegar a 224,6 milhões, ultrapassando o recorde anterior, de 2016 (218,2 milhões). Os maiores aumentos absolutos no efetivo ocorreram nos estados da Bahia (2 milhões de animais), do Pará (1,5 milhão) e de Tocantins (1 milhão) (IBGE/PPM, 2022).

O Centro-Oeste é a principal região em participação de rebanho bovino, e seus 75,4 milhões de cabeças equivaleram a 33,6% do efetivo nacional. O Norte continua em expansão e apresentou o maior aumento quantitativo, chegando a 55,7 milhões de animais, correspondente a 24,8% do total nacional. O aumento na região Norte veio principalmente do Pará e do Tocantins (IBGE/PPM, 2022).

O maior aumento percentual foi no Nordeste (9,5%), quarto maior rebanho regional, que chegou a 13,9% do total nacional. No Nordeste, a Bahia e o Maranhão, com, respectivamente, 9.748.632 e 8.323.445 cabeças, são o primeiro e segundo estados em efetivo de bovinos, o que lhes garante o 7º e 12º lugar no *ranking* brasileiro (IBGE/PPM, 2022).

A raça que mais se destaca no Brasil, sem dúvida, é a Nelore (com seus mestiços). Isso se deve a sua adaptação ao clima do país, bem como às pastagens locais, em especial à braquiária na região Centro-Oeste. É uma raça resistente aos ectoparasitas, com animais férteis, rústicos e longevos (ACNB, 2022) que, segundo Viacava (2000, p.6) “enfrentam estágios de seca que podem durar até seis meses, se alimentando quase que em todo tempo de pasto braquiária”.

O Nelore é bastante resistente ao calor devido à sua superfície corporal maior em relação ao volume do corpo e, também, por possuir maior número de glândulas sudoríparas. As características de seus pelos também facilitam as trocas térmicas com o ambiente (ACNB, 2022). A ACNB (2022) também destaca como fatores importantes para elevada utilização dessa raça no Brasil, a elevada longevidade reprodutiva das fêmeas por apresentarem facilidade de parto devido à sua garupa com boa angulosidade; terem boa abertura pélvica e, principalmente, produzirem bezerros pequenos, o que reduz a incidência de partos distócicos. Fêmeas Nelore possuem boa habilidade materna, característica que compõe o índice produtividade acumulada (PAC) por estar associada à capacidade de desmamar crias com maior peso (AZEVEDO et al., 2005).

Ao contrário da raça Nelore, a raça de bovinos Curraleiro Pé-Duro (CPD), apesar de ser uma das primeiras formadas no continente americano após a chegada dos bovinos *Bos taurus* originários de Portugal, ainda tem muito a se expandir. Para

isso, precisa ser mais valorizada, caminho que passa pela pesquisa e divulgação da raça.

A raça Curraleiro Pé-Duro foi forjada no Semiárido Nordeste, região conhecida pela escassez de água, pastagens grosseiras e temperaturas elevadas, além de, à época, possivelmente ser rica em predadores, especialmente a onça parda (*Puma concolor*), onça pintada (*Panthera onca*). Por meio da seleção natural, somente os animais de genótipos resistentes/adaptados conseguiram sobreviver, produzir e deixar descendentes.

Os bovinos Curraleiro Pé-Duro, reconhecidos como raça em 2012 podem ser utilizados para carne, leite ou trabalho. Adaptam-se em ambientes quentes e hostis, com fontes de água distantes e pastagens arbustivas, arbóreas (comem as cascas do caule) e cactáceas. As vacas são longevas, parindo anualmente por mais de 20 anos. Sua adaptabilidade possibilita uma melhor relação custo/benefício para a região Nordeste do que outras raças comerciais (CARVALHO, 2015).

Pesquisas realizadas na Embrapa mostraram carne de melhor rendimento de carcaça, maior área de olho de lombo e proporção de carne de melhor qualidade (corte de 1ª) que zebuínos (CARVALHO et al., 2012).

Considerando a importância do bovino CPD em um cenário de mudanças climáticas, animais dessa raça podem ser utilizados em rebanhos puros ou como base para cruzamentos e formação de novas raças. A Embrapa Meio-Norte vem desenvolvendo cruzamentos com o uso de raças taurinas brasileiras, raças taurinas comerciais especializadas e zebuínas a fim de produzir carne de qualidade, de maneira sustentável na região do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA) (CARVALHO et al., 2019).

Essa inovação tecnológica utiliza a grande distância genética entre os zebuínos (como o Nelore e Sindi) e os taurinos brasileiros localmente adaptados a região tropical (Caracu, Curraleiro Pé-Duro, Crioulo Lageano e Pantaneiro), para produzir uma matriz adaptada para cruzar com taurinos comerciais na produção de um bovino 5/8 taurino (CARVALHO et al., 2019).

Uma das raças que pode ser utilizada na composição do Boi Tropical é a Senepol, proveniente de cruzamentos entre o bovino N'Dama, importado no final do século XIX do Senegal, e gado "RedPoll", uma raça taurina europeia. O Senepol combina características de tolerância ao calor e resistência a insetos do N'Dama, com a natureza dócil, boa carne e alta produção de leite do "RedPoll". Segundo a

Associação Brasileira de Criadores de Bovinos Senepol (ABCB Senepol, 2022) essa raça é uma opção excelente para acabamento de animais a pasto.

De acordo com Carvalho et al. (2019), pesquisador da Embrapa e idealizador do Boi Tropical, a opção por qual raça empregar em cada fase do processo depende das peculiaridades de cada propriedade e da escolha do pecuarista, sendo importante, no entanto, caracterizar que o “Boi Tropical” é aquele bem adaptado aos trópicos e a pastagens nativas, de bom desempenho ponderal, elevado rendimento de carcaça e carne macia, com razoável produção de leite.

### **3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE BOVINOS LOCALMENTE ADAPTADOS**

Em meados do século XX e, principalmente, no decorrer do XXI têm-se evidências de que o clima do planeta Terra está ficando não apenas mais quente, como cada vez mais instável. Atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, incêndios e destruição de ecossistemas estão resultando em aumento de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, levando ao aquecimento global do planeta (IPCC, 2014).

Os elementos climáticos (Temperatura do Ar - TA, radiação solar, Umidade Relativa do Ar - UR, e velocidade do vento - vv), atuam junto com outros fatores sobre o comportamento animal exercendo efeito sobre o bem-estar e, conseqüentemente, sobre a produtividade.

De acordo com Ferreira et al. (2004), o clima de um local influencia a pecuária de forma indireta pela sazonalidade que condiciona a quantidade e a qualidade da forragem disponível aos animais, além de agir também sobre a sanidade animal criando condições ambientais favoráveis ao aumento da população de parasitos.

De forma direta, os elementos climáticos atuam sobre o animal, que busca constantemente se adaptar às condições ambientais em busca de bem-estar. Bovinos em clima tropical, principalmente aqueles criados em regime de pasto, estão expostos ao sol e a outras intempéries por várias horas ao dia, tornando-se susceptíveis a um estado permanente de estresse, resultando em alterações fisiológicas que comprometem seu desempenho produtivo (DEITENBACH et al., 2008).

Para que o ambiente seja considerado confortável o animal deve conseguir manter o seu equilíbrio térmico, ou seja, o calor produzido deve ser perdido para o



ambiente sem causar prejuízos à homeostase do animal. Dentre as variáveis climáticas, a TA, UR e a radiação solar direta são os principais responsáveis pelo desconforto fisiológico, levando os animais a adotarem medidas fisiológicas e comportamentais para manter a homeotermia, o que, na maior parte das vezes culmina na redução no desempenho produtivo (SILVA et al., 2010).

Considerando que os bovinos são animais homeotermos, isto é, possuem funções fisiológicas capazes de manter a temperatura corporal em constância, independentemente da variação da temperatura ambiente (em limites restritos), sem dúvida, a TA é considerada o elemento climático com maior influência sobre o ambiente físico do animal, podendo ser considerada a principal variável do conforto térmico (NEIVA et al., 2004), apesar da UR ser também bastante considerada, em especial em regiões úmidas.

O controle da temperatura corporal de um animal ocorre pela tentativa de equilíbrio entre o calor produzido pelo metabolismo do animal e daquele proveniente do ambiente, com o calor perdido para o mesmo ambiente. Quanto maior o gradiente térmico (diferença entre a temperatura do corpo do animal e a temperatura do ambiente), mais fácil a perda de calor, que é a energia térmica em movimento.

À medida que a TA se eleva, aproximando-se da temperatura interna corporal, os animais tornam-se cada vez mais susceptíveis ao estresse térmico e diminuem a eficiência em perda de calor sensível (convecção, radiação e condução), passando a depender de resfriamento por perda de calor latente (evaporação), sob a forma de transpiração (sudorese) e respiração ofegante (ofego), ambas pouco eficientes para dissipação de calor excedente, havendo um expressivo gasto energético e pouca efetividade, até que o organismo entre em colapso irreversível, culminando em sua morte (KAMAL et al., 2014). Caso a UR seja elevada, os mecanismos evaporativos também estão impactados, tornando o problema ainda maior para os animais para perda de calor. No entanto, caso a UR seja muito baixa, os animais, e os humanos (como os pecuaristas e tratadores de animais), podem desidratar. Para Baêta e Souza (2010), a UR ideal para bovinos deve variar de 60 a 70%.

Alves et al. (2019) afirmam que a TA e a radiação solar são os fatores ambientais que mais influenciam no conforto animal, principalmente em sistemas a pasto. Para Aranha et al. (2019), a introdução do componente arbóreo em sistema com pecuária, permite amenizar esses problemas, pois as árvores atuam modulando o microclima, através da formação de barreira física, reduzindo a incidência da

radiação solar direta e da transpiração, diminuindo a temperatura do ar e elevando a umidade relativa.

Outro elemento climático que tem merecido destaque nas pesquisas com ambiência e conforto animal é a velocidade do vento (VV). Nesse sentido, Baêta e Souza (2010) consideram que, para bovinos, a velocidade dos ventos de 5 a 8km/h é a mais adequada por possibilitar maior perda de calor.

Navarini et al. (2009), em trabalho com bovinos Nelore no Paraná, em época de verão, avaliando o conforto em pleno sol e com sombreamento em bosque e com árvores individuais, informam que a vv manteve-se abaixo da faixa ideal para bovinos, tendo pico máximo de 4,35 km/h às 12 h, no tratamento de árvores isoladas.

#### **4 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM RESPOSTA AO ESTRESSE POR CALOR**

O comportamento dos animais é um indicativo inicial e forte de estresse térmico por calor ou por frio. No entanto, nem sempre é possível ao animal manifestar comportamento que demonstre ao produtor seu estresse, como, por exemplo, em sistema sem sombreamento nos pastos (a pleno sol).

Sendo assim, e apesar de serem de coleta mais trabalhosa, alguns parâmetros fisiológicos têm sido utilizados para indicar se o animal está em estresse térmico ou não. Importante ressaltar que por sua menor praticidade são pouco utilizados em campo, porém, bastante utilizados em pesquisa para confirmação da situação de estresse térmico por calor ou frio.

O parâmetro mais relatado na literatura é, sem dúvida, a temperatura retal (TR), utilizada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica. Mede, quando extrapolada, a temperatura corporal e é determinada pelo equilíbrio entre termogênese e termólise. O aumento da TR indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (FERREIRA et al., 2009). Para Silanikove (2010), pode ser usada para avaliar a adversidade do ambiente térmico que pode afetar o crescimento, lactação e reprodução das vacas leiteiras.

Os bovinos apresentam a capacidade de manter a temperatura corporal relativamente constante, porém em condições de estresse térmico por calor, dependendo da intensidade e da duração desse estresse, podem apresentar temperatura corporal elevada, ou seja, hipertermia (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Para Bodisco et al. (1973), variação de 38,0 a 39,3°C de TR pode ser considerada normal para bovinos em ambientes quentes. Robinson (1999) considera exatamente o mesmo intervalo para bovinos leiteiros, no entanto, restringe um pouco o intervalo de variação, para raças de corte especializadas: de 38,1 a 39,1°C. Dupreez (1990) afirma que os valores normais para TR estão entre 38,0 e 39,5°C em condições termoneutras.

Robertshaw (2006) pontua que a idade dos animais influencia em sua TR, e que para bovinos acima de um ano tem uma variação média de 38,5 ±1,5°C. Para Rodrigues et al. (2010), os limites ideais de temperatura corporal para produtividade e sobrevivência de bovinos devem ser mantidos entre 38°C e 39°C.

Apesar da TR ser amplamente utilizada, antes que seja alterada são utilizados os mecanismos de vasodilatação e sudorese, pouco perceptíveis. No entanto, antes da elevação da TR (que indica a elevação da temperatura corporal) o estresse por calor ocasiona o aumento da frequência respiratória (FR), que promove a perda de calor por meio evaporativo.

Já em 1962, Arrigala e colaboradores citam que a FR considerada normal para bovinos varia entre 15 e 30 movimentos respiratórios por minuto (mov./min.). De acordo com Garcia et al. (2015) os valores de referência para bovinos encontram-se entre 20-30 mov./min., devendo-se considerar polipneia por estresse térmico acima dos 60 mov./min. Eisenberg et al. (2005), Silva et al. (2007) e Mader et al. (2010) também utilizaram a FR como forma eficiente e não invasiva de determinar o desconforto térmico sentido pelos bovinos.

O aumento na FR por um período caracteriza-se como um método eficiente de perda de calor, entretanto, se esse mecanismo passa a ser exigido por um tempo prolongado, pode interferir na ingestão de alimentos e ruminação, proporcionando aumento no calor endógeno em função da atividade muscular (ofegação) e desviando energia de outros processos metabólicos (ROSSAROLLA, 2007).

Apesar de TR e FR serem os parâmetros mais utilizados até o momento na literatura como critérios relativos à tolerância e adaptação dos animais à temperatura de um determinado ambiente, outro parâmetro de importância na avaliação da dissipação de calor é a temperatura superficial (TS) (SANTOS et al., 2005) bastante utilizada nos últimos anos, em virtude de ser mais facilmente obtida que a TR.

A TS pode ser tomada utilizando um termômetro infravermelho na fronte, pescoço, lombo, costado, ventre e canela, em diferentes horários. Pode ser utilizada

como média de duas ou mais regiões ou comparativamente entre uma mesma região de vários animais (SOUZA et al., 2008).

É importante ressaltar que a TS é bastante dependente das condições climáticas do local, sendo mais facilmente influenciada pela TA, UR, VV e, também, pelas condições fisiológicas como vascularização e sudação (FERREIRA et al., 2006). De acordo com Dantas et al. (2012), a TS contribui para a manutenção da temperatura corporal por meio das trocas de calor em um gradiente térmico onde os animais dissipam calor para o ambiente através da pele por calor sensível. Quando há estresse, ocasionado por temperaturas excessivas, no entanto, as perdas por calor sensível são reduzidas e pouco efetivas, tornando-se a perda de calor latente (evaporação) o principal processo na procura do equilíbrio térmico.

## **5 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO**

Para além das avaliações fisiológicas, é importante que sejam realizadas simultaneamente também as variações ambientais, para analisar como essas variáveis podem interferir nas trocas de calor e, conseqüentemente, na adaptabilidade dos animais.

Neste sentido, índices para avaliação do conforto térmico dos animais foram desenvolvidos. Alguns, utilizando apenas medidas do ambiente; outros, somente mensurações obtidas nos animais e, outros ainda, uma combinação de mensurações ambientais e nos animais. Todos os índices tentam estimar o estresse térmico ou conforto ou a tolerância ao calor ou a adaptabilidade de grupos animais específicos no ambiente avaliado.

Os primeiros índices citados, aqueles que avaliam o ambiente, foram desenvolvidos para caracterizar ou quantificar a Zona de Termoneutralidade (ZTN) adequada às diferentes espécies apresentando, em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que circunda o animal, como o estresse que o ambiente possa causar a esse animal (PERISSINOTO et al., 2007). Dentre esses índices estão o índice de temperatura e umidade (ITU), o índice de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica radiante (CTR).

O ITU foi desenvolvido por Thom (1959) como um índice de conforto para humanos, hoje é um dos mais utilizados em trabalhos sobre conforto térmico em bovinos de leite, embora vários autores já tenham demonstrado que este índice, por

considerar apenas a TA e a UR, não representa bem as condições ambientais em que estão inseridos os animais (MATARAZZO et al., 2006; SILVA et al., 2007).

O ITU é calculado de acordo com a fórmula a seguir, desenvolvida por Buffington et al. (1982).

$$\text{ITU} = 0,8\text{TA} + \text{UR} (\text{TA}-14,3) / 100 + 46,3$$

Onde:

TA = temperatura ambiente, em °C;

UR = umidade relativa do ar, em %.

Pires et al. (2010) observaram que um ITU acima de 72 já define situação de estresse por calor para vacas de alta produção, constatando-se que as desvantagens do ITU são a insensibilidade a pequenas mudanças na UR e a pequena faixa de desconforto, considerando a radiação solar e a movimentação do ar (ventos).

Considerando essas desvantagens, Buffington et al. (1981) desenvolveram o ITGU, como um índice de conforto térmico para vacas leiteiras expostas à radiação solar direta e indireta. O ITGU é calculado substituindo-se na fórmula do ITU, o valor referente à temperatura do termômetro de bulbo seco (TA) pela temperatura do globo negro.

O globo negro (ou globotermômetro ou termômetro de globo ou globo de Vernon) foi desenvolvido em 1932, por Vernon, que propôs a utilização de um globo oco de cobre, pintado de preto fosco, no interior do qual é colocado um termômetro para medir a temperatura interna. A temperatura indicada pelo termômetro de globo negro daria uma estimativa dos efeitos combinados da energia radiante do ambiente, em todas as direções possíveis, da TA e da velocidade do vento, permitindo assim uma medida do conforto térmico proporcionado pelo ambiente. Para Yamamoto et al. (1994), a temperatura de globo apresenta vantagens em relação a outros instrumentos de medida de radiação solar, pois, além de integrar parâmetros complexos de radiação, ainda expressa o resultado em unidade de temperatura.

Desde sua criação, vários pesquisadores têm utilizado o termômetro de globo para estabelecer a diferença na qualidade térmica sob telhados, abrigos ou à sombra de árvores (MARTINS et al., 2002), ou para determinar as condições ambientais em sistemas de criação animal (KAWABATA et al., 2005; MATARAZZO et al., 2006).

De acordo com Silva (2000), o termômetro de globo é uma maneira de indicar os efeitos combinados da radiação e convecção e sua influência no organismo vivo. Martello et al. (2004) sugerem que o ITGU é um índice mais apropriado para determinar o conforto térmico de vacas expostas a condições tropicais, onde a TA é elevada e a radiação solar, intensa. O ITGU pode ser calculado de acordo com a fórmula (BUFFINGTON et al., 1981):

$$\text{ITGU} = \text{Tgn} + 0,36 \text{Tpo} + 41,5$$

Sendo:

**Tgn**: temperatura do termômetro de globo negro, em °C;

**Tpo**: temperatura do ponto de orvalho, obtida de acordo com a *fórmula de Magnus* citada por NUNES et al. (2009):

$$\text{Tpo} = (237,3 \log.(e/0,6108)) / (7,5 - (\log(e/0,6108)))$$

Com:

**e**= pressão de saturação de vapor, em hPa;

Utilizando a fórmula:

$$e = (\text{UR.es}) / 100$$

**UR**: umidade relativa do ar (%);

**es**: pressão de saturação do vapor obtido pela equação de Tetens (1930) citada por Lawrence (2005):

$$es = 0,6108 \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot \text{TA}}{237,2 + \text{TA}}\right)}$$

Com:

**TA**: temperatura do ambiente (temperatura de bulbo seco).

Para gado de corte valores de até 74 é considerado conforto, entre 74 e 79 alerta, entre 79 e 84 perigo e maiores que 84, emergência (SHIOTA et al., 2013). Outro índice também utilizado na avaliação de ambientes para criação de animais é a Carga Térmica Radiante (CTR), ou seja, a radiação eletromagnética total recebida por um corpo. Para que seja determinada a CTR de um ambiente, é necessário conhecer a temperatura média radiante (TMR), temperatura correspondente ao fluxo radiante emitido pela atmosfera, admitida como um corpo negro ao qual se aplica a lei de radiação de Stefan-Boltzman (CONCEIÇÃO, 2008).

Pode-se determinar a temperatura radiante de uma forma simplificada, utilizando-se a TGN (SILVA, 2000). A CTR provê uma estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante do meio ambiente em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida do conforto térmico, desde que se suponha não haver trocas térmicas por evaporação entre o ambiente e o animal considerado (CONCEIÇÃO, 2008).

O Índice de Carga Térmica Radiante (CTR) é calculado como proposto por Esmay (1978) citado por Ávila et al. (2013):

$$\text{CTR} = \sigma (\text{TRM})^4$$

Sendo:

CTR: carga térmica radiante;

TRM: temperatura radiante média;

$\sigma$  : constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8}$ ,  $\text{K}^{-4} \cdot \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Onde:

$$\text{TRM} = 100 \cdot \{2,51 \cdot v + 1,25 \cdot (\text{TGN} - \text{TA}) + (\text{TGN}/100)^4\}^{1/4}$$

Com:

v: velocidade do vento (m/s);

TGN: temperatura de globo negro ( $^{\circ}\text{C}$ );

TA: temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Percebe-se que a CTR depende da velocidade do vento, da temperatura ambiente (ou temperatura de bulbo seco) e da temperatura de globo negro.

Dentre os índices que utilizam mensurações nos animais podem ser destacados o coeficiente de tolerância ao calor (CTC), obtido pelo Teste de Ibéria e o coeficiente de tolerância ao calor modificado ( $\text{CTC}_{\text{mod}}$ ), a partir do Teste de Ibéria Modificado; e o coeficiente de adaptabilidade (CA), obtido a partir do Teste de Benezra.

Os dois primeiros testes (de Ibéria e Ibéria Modificado) utilizam a TR, diferenciando-se por utilizar, o segundo a diferença entre a média das TR a tarde e a média das TR pela manhã. Já o Teste de Ibéria como originalmente estabelecido, utiliza a diferença média de TR pela manhã (10 horas) e tarde (15 horas) e  $38,3^{\circ}\text{C}$ , considerada como normal para bovinos. Nos dois testes, são medidas as TR em três dias consecutivos ou não, em condições de TA acima de  $27,5^{\circ}\text{C}$ .

O Teste de Ibéria utiliza a fórmula (MÜLLER, 1982):

$$CTC = 100 - [18 (TR_{m\u00e9dia} - 38,3)]$$

Onde:

CTC: coeficiente de toler\u00e2ncia ao calor;

100: efici\u00eancia m\u00e1xima em manter a temperatura corporal em 38,3\u00b0C;

18: constante;

TR <sub>m\u00e9dia</sub>: temperatura retal m\u00e9dia final;

38,3\u00b0C: temperatura corporal normal.

Para o Teste de Ib\u00e9ria Modificado, utiliza-se a f\u00f3rmula:

$$CTC = 100 - [18(TR_{tarde} - TR_{manh\u00e1})]$$

Onde:

CTC: coeficiente de toler\u00e2ncia ao calor

TR <sub>tarde</sub>: temperatura retal \u00e0s 15 h

TR <sub>manh\u00e1</sub>: temperatura retal \u00e0s 9 h

O CTC, como o nome j\u00e1 indica, mede a toler\u00e2ncia do animal ao calor e, portanto, sua adaptabilidade a condi\u00e7\u00f5es de exposi\u00e7\u00e3o ao sol (M\u00dcLLER, 1982).

O Teste de Benezra consiste em um teste de adaptabilidade que se utiliza da seguinte f\u00f3rmula, de acordo com M\u00fcller (1982):

$$CA = (TR/39,5) + (FR/25)$$

Onde:

CA: coeficiente de adaptabilidade;

TR: temperatura retal, em \u00b0C;

FR: frequ\u00eancia respirat\u00f3ria, em movimentos por minuto.

Quanto mais pr\u00f3ximo de 2 for o resultado obtido para o CA, mais adaptado est\u00e1 o animal (ou grupo animal), ao ambiente em que foram coletados os dados dos par\u00e2metros fisiol\u00f3gicos TR e FR (M\u00dcLLER, 1982).

Dentre os \u00edndices que combinam medida ambiental e mensura\u00e7\u00e3o no animal est\u00e1 o \u00edndice de toler\u00e2ncia ao calor (ITC), obtido a partir da aplica\u00e7\u00e3o do Teste de Ruschenbach-Yerokhin, utilizando valores de TA e TR medidas pela manh\u00e3 (9 h) e a



tarde (15 h), permanecendo os animais sob radiação solar direta entre as duas coletas.

O Teste de Rauschenbach-Yerokhin utiliza a fórmula abaixo, publicada pelos idealizadores do teste, em 1975.

$$\text{ITC}_{\text{bov}} = 1,2\text{TA} - 20\text{D} + 52$$

Em que:

ITC<sub>bov</sub>: índice de tolerância ao calor;

TA: temperatura ambiente;

D: diferença entre a temperatura corporal à tarde e a temperatura corporal pela manhã.

O ITC avalia a adaptação fisiológica dos animais aos ambientes e tem se mostrado bastante eficiente. Essa avaliação mostra a capacidade dos animais em dissipar calor após serem expostos à radiação solar direta e depois à sombra, tendo em vista a aferição da temperatura retal em horários específicos. Quanto maior o ITC, conforme Júnior (2001), mais tolerante é o animal ao ambiente.

## 6 CAPÍTULO I

Artigo enviado para a Revista Brasileira de Zootecnia - RBZ; *Brazilian Journal of Animal Science* (normas em Anexos)

## O boi tropical é adaptado às condições climáticas do cerrado de Feira Nova do Maranhão?

Francisca Gonçalves de Oliveira e Silva<sup>1</sup>; Lucas Maia Pereira<sup>2</sup>; Jhonath Carneiro Brito<sup>2</sup>; Marquiel Felipe da Silva<sup>3</sup>, Delano de Sousa Oliveira<sup>4</sup>, Raimundo Bezerra de Araújo Neto<sup>5</sup>, Geraldo Magela Côrtes Carvalho<sup>5</sup>, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Zootecnia Tropical/UFPI.

<sup>2</sup>IFMA, Campus São Raimundo das Mangabeiras.

<sup>3</sup>SEMEC (Secretaria Municipal de Teresina).

<sup>4</sup>Embrapa Caprinos e Ovinos, Bolsista DTI, nível A.

<sup>5</sup>Embrapa Meio-Norte.

**Resumo** - Objetivou-se nesse trabalho, mensurar e comparar a adaptabilidade de bovinos Nelore, Curraleiro Pé-Duro e Boi Tropical por meio de parâmetros fisiológicos, testes de conforto térmico e índices ambientais. Pesquisa realizada na Fazenda Alegria, Feira Nova, Maranhão, parceira da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), utilizando-se 22 bovinos de grupos genéticos distintos: Curraleiro Pé-Duro e Nelore e Boi Tropical (1/2 Senepol+1/4 Nelore+1/4 Curraleiro Pé-Duro). Em três dias consecutivos coletou-se a temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR), e os dados microclimáticos, manhã e tarde. Os dados microclimáticos foram utilizados para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo negro (ITGU), e os dados fisiológicos para aplicação nos testes de adaptabilidade Benezra (CA: coeficiente de adaptabilidade), Ibéria (CTC: coeficiente de tolerância ao calor), Ibéria Modificado (CTC<sub>mod</sub>) e Rauschencach-Yerokin (ITC: índice de tolerância ao calor). As diferenças estatísticas foram obtidas pela análise de variância dos dados (ANOVA) entre os grupos genéticos e entre os tratamentos aplicados (manhã (m): 9 h e tarde (t): 15 h, sol e sombra) e identificadas pelo teste de Tukey. Os testes de Ibéria, Ibéria Modificado e Benezra, não foram sensíveis o suficiente para detectar o melhor horário ou grupo genético mais adaptado ( $P > 0,05$ ). No entanto, o ITC, do teste de Rauschenbach-Yerokin, mostra que o bovino Tropical sofre menos estresse ( $P < 0,05$ ) que CPD e Nelore nos dois períodos do dia, apresentando o CPD e o Nelore com respostas similares. Acredita-se que a maior acurácia do ITC resulte da combinação de informação da temperatura ambiente e do animal (TR) em sua fórmula. A FR e TR foram equivalentes para os três grupos avaliados nos turnos da manhã e da tarde ( $P > 0,05$ ). O período do dia (manhã ou tarde) e o local (sombra ou pleno sol) não influenciaram os índices ( $P > 0,05$ ). Conclui-se pelos dados e índices analisados que o Boi Tropical se mostrou tão bem adaptado quanto o Nelore e o CPD em regiões tropicais. O índice de tolerância ao calor de Rauschenbach-Yerokin é mais eficiente para detectar diferenças quanto à adaptabilidade de bovinos e mostrou que o Boi Tropical é o mais adaptado às condições climáticas de Feira Nova do Maranhão.

**Palavras-chave:** adaptabilidade, ambiência, índices bioclimáticos, raça nativa, tolerância ao calor.

## 1 Introdução

O estado do Maranhão está situado na região Nordeste do Brasil, em uma zona de transição entre os biomas Cerrado e Amazônico o que favorece às atividades agropecuárias como a bovinocultura, pois cerca de 90% do seu território é adequado para o desenvolvimento dessa atividade (Martins, 2019). O Cerrado maranhense ocupa cerca de 64,09% da extensão do território do estado do Maranhão (IBGE, 2004).

A bovinocultura no Maranhão teve início no século XVII, com a chegada de rebanhos de gado trazidas pelas famílias que vieram do arquipélago dos Açores a mando da Coroa portuguesa no ano de 1615. Assim é justificável que a bovinocultura seja uma das atividades de maior relevância e de destaque para o estado. Em pesquisa divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) o rebanho bovino de corte do Maranhão era de 8.561.509.

Com o intenso melhoramento genético ocorrido nos animais zebuínos, a raça bovina que mais se destaca no Brasil é o Nelore, cuja adaptação ao clima e as pastagens de várias regiões brasileiras a tornou o rebanho de corte mais conhecido, em especial na região Centro-Oeste (ACNB, 2022).

O Curraleiro Pé-Duro é uma raça bovina que se formou no interior nordestino, e por todo o Vale do Rio São Francisco até sua nascente em Minas Gerais, de onde se expandiu para o restante do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, apresentando aptidões para corte, leite e trabalho, com bom rendimento de carcaça e carne macia, destacando-se devido a sua prolificidade e adaptabilidade (Carvalho, 2015).

Já o Boi Tropical corresponde ao animal adaptado aos trópicos e a pastagens nativas, com bom desempenho ponderal, elevado rendimento de carcaça e carne macia, com produção razoável de leite (Carvalho, 2019).

A temperatura retal e a frequência respiratória são consideradas os melhores parâmetros para estimar a tolerância de animais ao calor, sendo os mais pesquisados para verificar a adaptabilidade de animais a um determinado ambiente. (Silva et al., 2012).

A partir dos parâmetros fisiológicos temperatura retal e frequência respiratória, foram desenvolvidos testes e estabelecidos índices para estimar a adaptabilidade animal. Os três que tem se destacado na literatura sobre o tema são os testes de Ibéria, de Ibéria Modificado e de Benezra, considerados medidas de adaptabilidade, por permitir verificar a capacidade do animal em manter a homeotermia. De acordo com Medeiros (2013), os testes de adaptabilidade ainda são pouco utilizados.

O índice de temperatura e umidade (ITU), originalmente desenvolvido por Thom (1959) como um índice de conforto térmico para humanos, tem sido utilizado para descrever o conforto de animais, principalmente bovinos, desde que foi relatada redução na produção de leite de vacas associada ao aumento no valor do ITU. A partir de então, diversos pesquisadores têm classificado o ambiente térmico a partir de valores médios de ITU (Matarazzo et al., 2006; Silva et al., 2007).

A partir de 2008, a EMBRAPA e alguns criadores, com o objetivo de conservar e retirar o Curraleiro Pé-Duro (CPD) do risco de extinção e obter animais com uma carne mais macia e com melhor rendimento de carcaça, formaram rebanhos em que estão sendo avaliados, tanto puros quanto em cruzamentos e um novo grupo genético: o Boi Tropical (1/2 Senepol + 1/4 Nelore + 1/4 CPD). Acredita-se que pelos aspectos fisiológicos, o Boi Tropical seja tão bem adaptado ao cerrado maranhense quanto o Nelore e o CPD.

Objetivou-se nesse trabalho, mensurar e comparar a adaptabilidade de bovinos Nelore, Curraleiro Pé-Duro e Boi Tropical por meio de parâmetros fisiológicos, testes de conforto térmico e índices ambientais.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Alegria, município de Feira Nova do Maranhão, Maranhão, Brasil, em novembro de 2021, com coordenadas geográficas em 6° 57' 16" Sul e 46° 40' 44" Oeste e altitude média de 308 m (*Google mapas*, 2022). Em Feira Nova do Maranhão, o clima é quente durante o ano inteiro, e, em geral, a temperatura varia de 20 a 36°C, sendo, raramente inferior a 18°C ou superior a 38°C (*Weather Spark*, 2022).

Foram utilizados 22 bovinos dos grupos genéticos Nelore, Curraleiro Pé-Duro (CPD) e Boi Tropical:Nelore (*Bos taurus indicus*), Curraleiro Pé-Duro - CPD (*Bos taurus*) e Boi Tropical (*Bostaurus*) pertencentes a Fazenda Alegria I em Feira Nova do Maranhão. Os animais tinham idade média de 24 meses e peso médio de 321 kg.

**Tabela 1.** Número e peso médio dos bovinos de cada grupo genético avaliado, em Feira Nova do Maranhão, em novembro de 2021

<b>Grupo Genético</b>	<b>CPD*</b>	<b>Tropical</b>	<b>Nelore</b>	<b>Total</b>
Número	5	9	8	22
Peso médio (kg)	275,8±51,5 <sup>c</sup>	354,6±69,9 <sup>a</sup>	311,5±23,0 <sup>b</sup>	314,0

\*CPD: Curraleiro Pé-Duro.

<sup>a</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (P>0,05).

Os dados fisiológicos dos animais foram coletados e em paralelo aos dados relativos às variáveis ambientais. Esses dados foram utilizados nos cálculos dos índices de conforto térmico e adaptabilidade ao ambiente. A ANOVA foi utilizada para verificar a existência de diferenças estatísticas entre os grupos genéticos para os índices calculados e entre as variáveis fisiológicas. Identificada a existência de diferenças significativas, o teste de Tukey foi utilizado para especificá-las.

Durante a coleta dos dados os animais foram mantidos em curral a pleno sol, com restrição de alimento e água das 9 às 15 h. Após as coletas no período da tarde, eram fornecidos água e capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) triturado à vontade. O curral não oferecia sombreamento aos animais, sendo coberta apenas a área de coleta (brete e tronco).

Os animais tiveram um período de três dias para adaptação ao ambiente de coleta, a fim de reduzir o estresse os animais, foram conduzidos coletivamente aos currais e então, cada um deles colocado, individualmente, no tronco de contenção para mensuração dos parâmetros fisiológicos: Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial (TS). Os dados foram coletados em três dias consecutivos, com Temperatura Ambiente (TA) variando entre 29,5 e 35,0°C, conforme recomendação para realização do Teste de Ibéria (Müller, 1982).

A metodologia aplicada para aferição da TR consistiu na introdução de um termômetro clínico, com escala de 33 a 44°C, diretamente no reto do animal, a 5 cm de profundidade, de forma que o bulbo ficasse em contato com a mucosa, permanecendo até que o alarme sonoro disparasse. A obtenção da FR foi realizada contando-se o número de movimentos respiratórios durante 15 segundos, e o valor então obtido multiplicado por quatro para determinação em movimentos por minuto (mov./min.) (Medeiros et al., 2015).

Os resultados obtidos para TR e FR foram utilizados para cálculo do Coeficiente de Tolerância ao Calor pelos Testes de Ibéria ( $CTC = 100 - [18 (TR_{média} - 38,3)]$ ) e Ibéria Modificado ( $CTC = 100 - [18(TR_{tarde} - TR_{manhã})]$ ), e do Coeficiente de Adaptabilidade pelo Teste de Benezra ( $CA = (TR/39,5) + (FR/25)$ ).

O estábulo reservado para a realização do experimento foi dividido em duas áreas: uma para a coleta de dados referentes às variáveis fisiológicas dos animais e outra para

coleta de dados ambientais. Esta segunda, porém, no mesmo ambiente, sem acesso dos animais para preservar os equipamentos de coleta utilizados.

No estábulo, na área de sol, o curral era cercado de madeira e chão batido, separado em baias na área de sombra, encontrava-se o brete de contenção, com cobertura de telhas de fibrocimento. Em alguns lugares ocorria acúmulo de água sem escoamento por onde os animais passavam para a realização das coletas fisiológicas.

Foram instalados termohigrômetro, termômetro de máxima e mínima, termômetro de bulbo seco (TBS) e de bulbo úmido (TBU) e globotermômetro nos dois ambientes de sol e sombra e todos à altura aproximada de 1,2 m do solo. Também foram utilizados termômetro de infravermelho (laser) e anemômetro, para mensuração, respectivamente da temperatura superficial do solo e da velocidade do ar, nas duas situações de sol e sombra. As leituras foram realizadas a cada hora, de 6 às 18 h, durante os três dias consecutivos de coletas de dados fisiológicos. Também foi instalado pluviômetro em área aberta próxima ao estábulo em que foram feitas as avaliações dos parâmetros nos animais.

Com os valores de variáveis ambientais foram calculados o Índice de Temperatura e Umidade ( $ITU = 0,8TA + UR (TA - 14,3) / 100 + 46,3$ , sendo TA a medida de Temperatura do Ambiente e UR a umidade Relativa do ar), e Índice de Temperatura de Globo e Umidade ( $ITGU = Tgn + 0,36 Tpo + 41,5$ , onde Tgn é a Temperatura de globo negro e Tpo, Temperatura de ponto de orvalho), de acordo, respectivamente com Buffington et al. (1982) e Buffington et al. (1981).

Outro índice também utilizado na avaliação de ambientes para criação de animais foi a Carga Térmica Radiante (CTR), ou seja, a radiação eletromagnética total recebida por um corpo.

$$CTR = \sigma (TRM)^4$$



Sendo:

CTR: carga térmica radiante;

TRM: temperatura radiante média;

$\sigma$  : constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8}$ ,  $K^{-4}.W.m^{-2}$ )

Onde:

$$TRM = 100. \{2,51. v. 1,25. (TGN - TA) + (TGN/100)^4\}^{1/4}$$

Com:

v: velocidade do vento (m/s);

TGN: temperatura de globo negro ( $^{\circ}C$ );

TA: temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ ).

A CTR provê uma estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante do meio ambiente em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida do conforto térmico, desde que se suponha não haver trocas térmicas por evaporação entre o ambiente e o animal considerado (Conceição, 2008).

Utilizando os dados de temperatura ambiente (TBS) e das temperaturas corporais, mensuradas no reto dos animais (TR), coletados durante os três dias, obteve-se o Índice de Tolerância ao Calor ( $ITC_{bov} = 1,2TA - 20D + 52$ ), onde D é a diferença entre a temperatura corporal da tarde e da manhã).

A análise dos dados se deu através da ANOVA (análise de variância) utilizando-se o *software* livre R – Console versão 4.0.3. Para essa análise os animais foram separados por grupo genético (CPD, Tropical e Nelore) e coletados dados fisiológicos em dois períodos do dia: manhã (9 horas) e tarde (15 horas) e as condições do ambiente, para os dados ambientais: sol e sombra.

### 3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para as variáveis ambientais estão na Tabela 2. No período de coletas de dados, a pluviosidade total foi de 7 mm, com chuva leve em dois dias consecutivos (segundo e terceiro dia), durante a tarde, mantendo-se a temperatura ambiente dentro da média esperada para a região.

**Tabela 2.** Valores médios, máximos e mínimos para temperatura ambiente, umidade relativa do ar, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura de globo negro, temperatura superficial do solo e velocidade do vento, ao sol e à sombra, em novembro de 2021, em Feira Nova do Maranhão

Variável	Média		Máxima		Mínima	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Temperatura (°C)	---	---	34	40	21	22
Umidade relativa do ar (%)	68,6±2,8 <sup>a</sup>	60,3±2,5 <sup>b</sup>	84	85	48	29
Temperatura do bulbo seco (°C)	28,4±1,1 <sup>a</sup>	29,5±1,6 <sup>a</sup>	34	39	21	21
Temperatura do bulbo úmido (°C)	24,6±0,5 <sup>a</sup>	25,2±0,7 <sup>a</sup>	27	28	21	21
Temperatura de globo negro (°C)	34,8±1,9 <sup>b</sup>	34,9±2,6 <sup>a</sup>	35	52	22	19,5
Temperatura do piso (°C)	28,4±0,9 <sup>b</sup>	33,7±3,5 <sup>a</sup>	30	57,5	22,6	22,8
Velocidade do vento (m/s)	0,4±0,2 <sup>a</sup>	0,7±0,5 <sup>a</sup>	2,5	4,5	0	0

<sup>a</sup>Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si ( $P>0,05$ ).

O período do dia (manhã/tarde) e o local (sombra/pleno sol) não influenciaram os índices ( $P>0,05$ ) obtendo-se 77,8 para ITU e 82,9 para ITGU (Tabela 3). Para gado de corte, os valores para ITU até 74 indicam conforto, entre 74 e 79, alerta, entre 79 e 84, perigo e, acima de 84, emergência (Shiota et al., 2013). A condição climática média do local deste experimento pode ser considerada estressante, a partir da classificação de Hahn (1999) e Du Prez et al. (1990).

Pode-se considerar então a partir dos valores obtidos para ITU que os animais estavam em situação de alerta e considerado como estressante aos bovinos dos três

grupos genéticos. No entanto, apesar dos altos valores de ITU (Tabela 3), a TR (Tabela 4) permaneceu dentro do intervalo considerado normal para bovinos em clima quente com mais de um ano de idade, de  $38,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$ , por Kolb (1987), o que indica adaptabilidade dos animais às condições ambientais as quais foram submetidos. Resultados similares foram encontrados por Azevedo et al. (2005) ao estudarem a adaptabilidade de bovinos da Raça Pé-Duro às condições climáticas do Semiárido do estado do Piauí.

Quando a temperatura sofre alterações de tal forma a atingir o ponto crítico de desconforto aos animais, a UR (Umidade Relativa do Ar) é importante para os mecanismos evaporativos de dissipação de calor. Em condições de UR elevada há inibição de evaporação pela pele e pelo trato respiratório, aumentando as condições estressantes ao animal. As condições de temperatura ambiente e umidade relativa mais indicadas, em termos gerais, estão em torno de  $13$  a  $18^\circ\text{C}$  e  $60$  a  $70\%$ , respectivamente, e a velocidade do vento de  $5$  a  $8$  km/h segundo Pires et al. (2010). Neste sentido, a UR se manteve dentro do indicado conforme apresentado na Tabela 2, compensando assim as altas temperaturas e baixa velocidade do vento registradas em Feira Nova do Maranhão durante a coleta dos dados.

A TGN (Temperatura de Globo Negro) fornece numa só medida, indicação dos efeitos combinados de temperatura do ar, temperatura radiante e velocidade do vento (Kelly e Bond, 1971), além de prever uma medida do calor radiante do ambiente e a leitura é expressa em graus Celsius (Baccari Júnior, 2001). Para Ferreira et al. (2006), TGN igual a  $23^\circ\text{C}$  indica conforto térmico e  $44^\circ\text{C}$ , condições de estresse calórico severo. Assim, os resultados apresentados para TGN (Tabela 3) se mantiveram dentro dos limites de baixo estresse térmico obtendo maior valor a pleno sol no turno da manhã ( $38,7^\circ\text{C}$ ). No entanto, os valores para TGN não foram significativamente diferentes para os tratamentos aplicados.

Por considerar a TGN em sua fórmula, além da temperatura de bulbo seco, a elevação do ITGU indica efeitos da radiação ambiental e da convecção, o que permite uma maior aproximação da realidade em ambientes tropicais abertos.

**Tabela 3.** Parâmetros ambientais e índices bioclimáticos em pleno sol e em ambiente sombreado, pela manhã (9 h) e a tarde (15 horas), em Feira Nova do Maranhão, em novembro de 2021

		VV	TGN	TBS	TRM	CTR	ITU	ITGU
Sol	Manhã	1,6±1,2 <sup>a</sup>	38,7±2,3 <sup>a</sup>	32,5±1,0 <sup>a</sup>	210,4±16,8 <sup>a</sup>	111,1±43,9 <sup>a</sup>	77,8±0,5 <sup>a</sup>	87,5±1,9 <sup>a</sup>
	Tarde	0,7±1,2 <sup>a</sup>	38,3±11,2 <sup>a</sup>	33,0±7,0 <sup>a</sup>	183,0±54,2 <sup>b</sup>	63,6±11,8 <sup>b</sup>	77,8±5,7 <sup>a</sup>	85,7±8,6 <sup>a</sup>
	<i>Média</i>	<i>1,2±0,6</i>	<i>38,5±0,3</i>	<i>32,7±0,4</i>	<i>196,7±19,4</i>	<i>87,4±33,6</i>	<i>77,8±0,0</i>	<i>86,6±1,3</i>
Sombra	Manhã	0,4±0,7 <sup>a</sup>	29,7±0,6 <sup>a</sup>	28,0±0,0 <sup>a</sup>	128,8±63,3 <sup>a</sup>	15,6±16,0 <sup>b</sup>	77,4±0,5 <sup>a</sup>	78,9±0,5 <sup>a</sup>
	Tarde	0,5±0,9 <sup>a</sup>	31,0±5,3 <sup>a</sup>	30,3±3,8 <sup>a</sup>	105,8±56,9 <sup>b</sup>	7,1±10,0 <sup>b</sup>	78,2±3,3 <sup>a</sup>	79,8±4,6 <sup>a</sup>
	<i>Média</i>	<i>0,5±0,1</i>	<i>30,4±0,9</i>	<i>29,2±1,6</i>	<i>117,3±16,3</i>	<i>11,4±6,0</i>	<i>77,8±0,6</i>	<i>79,4±0,6</i>

\*VV: velocidade do vento (m/s), TGN: temperatura de globo negro; TBS: temperatura de bulbo seco ou temperatura ambiente; CTR: carga térmica radiante; ITU: índice de temperatura e umidade; ITGU: índice de globo e umidade.

<sup>a</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P>0,05).

A CTR foi superior pela manhã em ambiente a pleno sol (P<0,05), porém, não foram obtidas diferenças estatísticas em ambiente sombreado entre horários (Tabela 3). Observando-se as médias para a CTR nas condições de sol e sombra tem-se um valor significativamente maior para a primeira condição.

Para Abbi Saab e Sleiman (1995), os critérios de tolerância e adaptação dos animais são determinados principalmente através da frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TR). De acordo com Martello et al. (2004), o primeiro sinal visível de animais submetidos ao estresse por calor é o aumento da FR, mecanismo utilizado para regular o calor corporal, pois o aumento ou diminuição desta está na dependência da intensidade e da duração do estresse a que estão submetidos.

O aumento da TR indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (Ferreira et al., 2009). Apesar da TR ser amplamente utilizada, antes que seja

alterada são utilizados os mecanismos de vasodilatação e sudorese, pouco perceptíveis. Antes da elevação da TR (que indica a elevação da temperatura corporal) o estresse por calor ocasiona o aumento da FR, que promove a perda de calor por meio evaporativo. McManus et al. (2005) ao avaliarem bovinos da raça Nelore descreveram valores semelhantes aos do presente estudo para temperatura retal.

O equilíbrio entre a perda e o ganho de calor determina a manutenção da temperatura corporal. Neste sentido, a mensuração da TR é a resposta fisiológica dessa variável, podendo variar de 38,1 a 39,1°C em raças de corte (Du Prez, 2000) e FR considerada normal com variação entre 15 e 30 (mov./min). A FR e TR foram equivalentes para os três grupos avaliados nos turnos manhã e tarde ( $P>0,05$ ) (Tabela 4), dentro dos valores considerados fisiológicos para a espécie bovina. No entanto, ao serem consideradas as médias gerais para os três dias de coleta, a FR do Boi Tropical apresentou-se superior ( $P<0,05$ ) em comparação aos demais grupos genéticos, mantendo-se ainda dentro do intervalo considerado normal para bovinos de corte em situação de estresse térmico. Ao ser analisada a TR média geral dos grupos genéticos, observou-se diferença ( $P<0,05$ ) entre os animais CPD e Nelore. O Boi Tropical apresentou uma TR média sem diferenças significativas ( $P>0,05$ ) em comparação ao Nelore e ao CPD, que pode se justificar pelo fato de ele ser resultado do cruzamento desses dois grupos genéticos.

**Tabela 4.** Frequência respiratória (FR, em mov./min.) e temperatura retal (TR, em °C) para os grupos genéticos estudados, de acordo com o horário, em novembro de 2021, em Feira Nova do Maranhão

	CPD*		Tropical		Nelore	
	FR	TR	FR	TR	FR	TR
<b>9 h</b>	15,5±1,3 <sup>aA**</sup>	38,8±0,1 <sup>aA</sup>	20,1±1,6 <sup>aA</sup>	38,9±0,2 <sup>aA</sup>	14,9±0,8 <sup>aA</sup>	39,1±0,3 <sup>aA</sup>
<b>15 h</b>	17,9±1,0 <sup>aA</sup>	38,9±0,4 <sup>aA</sup>	19,7±0,2 <sup>aA</sup>	39,2±0,2 <sup>aA</sup>	15,8±1,2 <sup>aA</sup>	39,5±1,0 <sup>aA</sup>
<b>Média</b>	16,7±1,7 <sup>b</sup>	38,9±0,1 <sup>b</sup>	19,9±0,3 <sup>a</sup>	39,1±0,2 <sup>ab</sup>	15,4±0,6 <sup>b</sup>	39,3±0,3 <sup>a</sup>

\*CPD: Curraleiro Pé-Duro.

\*\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si ( $P>0,05$ ).

As médias para temperatura superficial (TS) em diferentes partes do corpo do bovino, nos três grupos genéticos estão apresentadas na Tabela 5. A temperatura de superfície corporal é um dos principais parâmetros na avaliação de dissipação do calor pelos animais o que é favorável à raça Nelore com a epiderme altamente pigmentada, em combinação com pelame branco que facilita a eliminação do calor corporal e reduz a entrada de calor por radiação (Silva, 1999; Santos et al., 2005). Percebe-se que não houve diferença ( $P>0,05$ ) dentro de cada grupo genético para TS por parte do corpo, entre os três dias de coleta considerados os turnos manhã (9h) e tarde (15h), mesmo tendo ocorrido chuva leve em dois dias consecutivos no período da tarde. O vento que correu pouco antes da chuva não apresentou diferença ( $P>0,05$ ) (Tabela 2) quanto à velocidade entre manhã e tarde (Tabela 3) e, infere-se que não foi suficiente para alterar a TS dos animais de forma significativa (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias das temperaturas superficiais, em °C, em bovinos Curraleiro Pé-Duro (CPD), Nelore e Tropical, as 9 e 15 horas, em Feira Nova do Maranhão, em novembro 2021

	CPD*		Tropical		Nelore	
	Manhã**	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
<b>Fronte</b>	32,2±0,9 <sup>a</sup>	31,9±1,9 <sup>a</sup>	32,5±1,4 <sup>a</sup>	30,7±1,9 <sup>a</sup>	33,4±2,2 <sup>a</sup>	31,6±1,8 <sup>a</sup>
<b>Canela</b>	28,9±1,7 <sup>a</sup>	28,8±2,8 <sup>a</sup>	29,6±2,4 <sup>a</sup>	28,3±1,9 <sup>a</sup>	28,5±2,5 <sup>a</sup>	26,8±2,4 <sup>a</sup>
<b>Paleta</b>	32,1±1,3 <sup>a</sup>	32,6±1,2 <sup>a</sup>	32,2±2,1 <sup>a</sup>	31,4±1,4 <sup>a</sup>	30,3±0,9 <sup>a</sup>	30,9±1,3 <sup>a</sup>
<b>Dorso</b>	33,4±1,1 <sup>a</sup>	33,0±1,6 <sup>a</sup>	33,6±1,4 <sup>a</sup>	31,3±1,8 <sup>a</sup>	31,3±1,2 <sup>a</sup>	30,3±1,5 <sup>a</sup>
<b>Garupa</b>	33,6±0,9 <sup>a</sup>	33,3±1,1 <sup>a</sup>	34,0±1,3 <sup>a</sup>	32,3±1,6 <sup>a</sup>	31,7±1,1 <sup>a</sup>	31,2±1,3 <sup>a</sup>
<b>Virilha</b>	32,9±0,9 <sup>a</sup>	33,1±1,5 <sup>a</sup>	34,0±1,2 <sup>a</sup>	33,3±1,4 <sup>a</sup>	32,7±1,1 <sup>a</sup>	32,2±1,1 <sup>a</sup>
<b>Testículos</b>	31,3±1,2 <sup>a</sup>	31,2±1,5 <sup>a</sup>	31,4±1,3 <sup>a</sup>	30,3±1,6 <sup>a</sup>	29,2±0,9 <sup>a</sup>	29,6±1,2 <sup>a</sup>
<b>Média</b>	32,0±1,6 <sup>aA</sup>	32,0±1,6 <sup>aA</sup>	32,5±1,6 <sup>aA</sup>	31,1±1,6 <sup>aA</sup>	31,0±1,8 <sup>aA</sup>	30,4±1,8 <sup>aA</sup>

\*CPD: Curraleiro Pé-Duro.

\*\*Manhã: 9 horas; Tarde: 15 horas.

<sup>ab</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, no grupo genético, e maiúscula, entre os grupos, não diferem (P>0,05).

A média geral para a TS apresentada na Tabela 5 foi obtida através das temperaturas superficiais Fronte, Canela, Paleta, Dorso, Garupa, Virilha e Testículos. Pode-se observar que essa média não apresentou diferenças entre os turnos, em cada grupo genético, bem como entre os grupos genéticos nos dois turnos de coleta. Isso mostra que a TS não sofre influência do grupo genético.

Os resultados para o teste de Benezra (CA), teste de Ibéria (CTC) e Ibéria Modificado (CTCmod) são apresentados na Tabela 6. Para ambos os testes de Ibéria, quanto mais próximo de 100 o resultado obtido para CTC, mais adaptado o animal está às condições as quais foi submetido. Assim, os animais CPD apresentaram valores para CTC e CTC<sub>mod</sub> mais próximos de 100, o que indica uma “tendência” de melhor adaptação à essas condições. No entanto, as medidas de adaptabilidade dos outros grupos também se mostraram satisfatórias.

**Tabela 6.** Adaptabilidade e tolerância ao calor pelos testes de Benezra (CA), Ibéria (CTC), Ibéria modificado (CTC<sub>mod</sub>) e Rauschenbach-Yerokhin (ITC) por grupo genético (Curraleiro Pé-Duro, Tropical e Nelore), em Feira Nova do Maranhão, em novembro de 2021

		CPD*	Tropical	Nelore
CA	<b>Manhã</b>	1,7±0,1 <sup>aA</sup>	1,9±0,1 <sup>aA</sup>	1,6±0,1 <sup>aA</sup>
	<b>Tarde</b>	1,8±0,1 <sup>aA</sup>	1,9±0,01 <sup>aA</sup>	1,7±0,01 <sup>aA</sup>
	<b>Média</b>	<b>1,8±0,1</b>	<b>1,9±0,0</b>	<b>1,7±0,1</b>
CTC	<b>Manhã</b>	90,3±2,8 <sup>aA</sup>	89,3±4,7 <sup>aA</sup>	91,0±4,5 <sup>aA</sup>
	<b>Tarde</b>	89,3±9,5 <sup>aA</sup>	84,5±3,6 <sup>aA</sup>	78,3±4,5 <sup>aA</sup>
	<b>Média</b>	<b>89,8±0,7</b>	<b>86,9±3,4</b>	<b>84,7±8,9</b>
CTC <sub>mod</sub>	<b>Manhã</b>	---	---	---
	<b>Tarde</b>	99,0±12,3 <sup>aA</sup>	95,2±5,2 <sup>aA</sup>	92,0±2,1 <sup>aA</sup>
ITC	<b>Manhã</b>	77,1±13,9 <sup>**bA</sup>	80,8±5,5 <sup>aA</sup>	77,2±2,1 <sup>bA</sup>
	<b>Tarde</b>	78,0±16,1 <sup>bA</sup>	82,9±5,9 <sup>aA</sup>	79,2±3,8 <sup>bA</sup>

\*CPD: Curraleiro Pé-Duro.

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha ou maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de significância.

O teste de Benezra considera em sua fórmula, além da TR, a FR dando o coeficiente de adaptabilidade (CA): quanto mais adaptado o animal (ou grupo genético) mais próximo de 2,0 será o valor para esse índice. O grupo genético Tropical apresentou resultados próximos ao valor máximo 2,0 (Tabela 6), seguido do grupo constituído por animais da raça CPD e, posteriormente, da raça Nelore.

A análise estatística mostra que os valores de CA e CTC calculados para cada grupo genético, não apresentaram diferença significativa a 5%, ou seja, pode-se considerar que todos os animais têm as mesmas condições de adaptação e de tolerância ao calor nas condições ambientais estudadas, independente do grupo genético.



Então, percebe-se que os testes de Ibéria, de Ibéria Modificado e de Benezra não foram sensíveis o suficiente para detectar melhor horário ou grupo genético mais adaptado ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6). No entanto, na mesma tabela, o ITC, do teste de Rauschencach-Yerokin, demonstrou que o bovino Tropical sofre menos estresse ( $P < 0,05$ ) que CPD e Nelore nos dois períodos do dia.

O ITC avalia a adaptação fisiológica dos animais aos ambientes e tem se mostrado bastante eficiente. O ITC, do teste de Rauschencach-Yerokin, demonstrou que o bovino Tropical está mais adaptado às condições de ambiente que CPD e Nel nos dois períodos do dia, apresentando o CPD e o Nel respostas similares (Tropicalm:  $80,8 \pm 5,5$ ; Tropical t:  $82,9 \pm 5,9$ ; CPDm:  $77,1 \pm 13,9$ ; CPD t:  $78,0 \pm 16,1$ ; Nelm:  $77,2 \pm 2,1$ ; Nelt:  $79,2 \pm 3,8$ ). Acredita-se que a maior acurácia do último teste resulte da combinação de informação do ambiente (TA) e do animal (TR) em sua fórmula.

Essa avaliação mostra a capacidade dos animais em dissipar calor após serem expostos à radiação solar direta entre as duas coletas, tendo em vista a aferição da temperatura retal em horários específicos. Quanto maior o ITC, conforme Baccari et al (1986), mais tolerante é o animal ao ambiente. O ITC médio entre todos os animais, considerando os três dias de avaliação foi de 77,6 para o grupo genético CPD; de 81,2 para o boi Tropical e de 77,5 para o Nelore. Por estes resultados, o boi Tropical foi o que apresentou maior valor indicando maior adaptabilidade ao ambiente. De forma análoga, o boi Tropical se mostrou estatisticamente diferente ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos utilizados (manhã e tarde) confirmando sua adaptabilidade às condições climáticas de Feira Nova do Maranhão.

#### **4 Conclusões**

Acredita-se que pelos aspectos fisiológicos, o Boi Tropical seja tão bem adaptado ao cerrado maranhense quanto o Nelore e o CPD.

Pelo índice de tolerância ao calor de Rauschenbach-Yerokhin o Boi Tropical tem maior adaptabilidade às condições climáticas de cerrado do Maranhão, Maranhão. Este teste se mostrou mais sensível na detecção de diferenças entre os grupos genéticos quanto a adaptabilidade, mostrando uma melhor adaptação ao ambiente para o Boi Tropical, no entanto, não o suficiente para diferenciá-lo dos bovinos Curraleiro Pé-Duro ou Nelore que mostraram também boas respostas de adaptabilidade.

#### **Conflito de interesses**

Não há conflito de interesses.

#### **Contribuições dos Autores**

*Conceituação:* D.M.R.A., Azevêdo, G.M.C., Carvalho. *Curadoria de dados:* D.M.M.R., Azevêdo. *Aquisição de financiamento:* R.B., Araújo Neto, D.M.M.R. Azevêdo, G.M.C., Carvalho. *Investigação:* F.G.O., Silva, L.M., Pereira, J.C., Brito, D.M.M.R., Azevêdo, R.B., Araújo Neto. *Metodologia:* D.M.M.R., Azevêdo, M.F., Silva. *Análise formal:* D.M.M.R., Azevêdo, M.F., Silva. *Administração do projeto:* R.B., Araújo Neto, D.M.M.R. Azevêdo, G.M.C., Carvalho. *Redação original:* F.G.O., Silva, D.M.M.R., Azevêdo. *Redação-revisão e edição:* D.M.M.R., Azevêdo, G.M.C., Carvalho, D.S., Oliveira. *Supervisão:* D.M.R.A., Azevêdo.

## **Agradecimentos**

À Embrapa, pelo financiamento do trabalho; à Fazenda Alegria, Feira Nova do Maranhão, pela disponibilidade dos animais para estudo e acolhimento da equipe; à Universidade Federal do Piauí e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## **Referências**

Abi Saab, S.; Sleiman, F.T. 1995. Physiological responses to stress of filial crosses compared to local Awassi sheep. **Small Rum. Res.**, 16:55-59. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical committee on responses to nutrients: repor n. 9: nutritive requirements of ruminant Animal. Nutrition Abstracts and Reviews -Series B, Farnham, v. 62, n. 12, p. 787-835, 1992.

ACNB.**Associação dos Criadores de Nelore do Brasil**. 2022. Disponível em:  
<https://www.nelore.org.br>. Acesso em: 34 jul.2022

Azevêdo, D.M.M.R., Alves, A.A.; Feitosa, F.S.; Magalhães, J.A.; Malhado, C.H.M.

**Adaptabilidade de bovinos da raça pé-duro às condições climáticas do semiárido do estado do Piauí**. Archivos de Zootecnia, v. 57, n. 220, p. 513-523, 2008.

Azevedo, M.; Pires, M. F. A.; Saturnino, H. M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteira  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.

Baccari Júnior, F. **Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais**. In: Simpósio Internacional de Bioclimatologia Animal nos

Trópicos, 1. Fortaleza. 1986 Anais. Embrapa-DIE. Brasília. p. 9- 17. (Embrapa-CNPC. Documentos, 7)

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. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

Carvalho, G. M. C. **Curraleiro Pé-Duro**: germoplasma estratégico do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 286 p.

Carvalho, G. M. C. Aspectos técnicos e científicos para a produção de bovinos compostos, tropicalmente adaptados, com o uso de recursos genéticos brasileiros. **Comunicado Técnico 253**. Teresina, PI, outubro, 2019.

Conceição, M. N.; Alves, S.P.; Telatin Júnior, A. et al. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 536-539, 2008.

Du Preez, J. H. et al. Heat stress in dairy cattle under southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 183-187, 1990.

Ferreira, F.; Campos, W.E.; Carvalho, A.U.; Pires, M.F.A. et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.4, p. 763-768, 2009.

Ferreira, F.; Pires, M. F. A.; Martinez, M. L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 732-738, 2006.

Hahn, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Animal Science**, v. 77, n., p.10-20, 1999. Supp. 2.

Kelly, C.F., Bond, T.E. Bioclimatic factors and their measurement. In: **National Academy of Sciences**. A guide to environmental research on animals. Washington: IAS, 1971. 76p.

Kolb, E. **Fisiologia veterinária**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612p.

Mcmanus, C.; Paludo, G. R.; Louvandini, H.; Garcia, J. A. S.; Egito, A. A.; Mariante, A. S. Heat tolerance in naturalized cattle in Brazil: physical factors. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 54, p. 453- 458, 2005.

MMA. **Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado** - Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília. 2015.

Martello, L. S.; Savastano J. R. H.; Silva, S. L. et al. Resposta fisiológica e produtiva de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

Martins, J. C.; Ottati, A. M. A. A. Análise da pecuária maranhense entre os anos de 1974 e 2017. In: **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, 4., 2019, Recife – PE. Anais do Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2019.

Matarazzo, S.V.; Silva, I. J. O.; Perissinoto, M.; Fernandes, S. A. A. Intermitência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p.654-662, 2006.

Medeiros, L. F. D. **Avaliação de características de adaptabilidade de caprinos exóticos na Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro**. 2013. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

Mingoti, R.; Brasco, M. A.; Holler, W. A.; Lovisi Filho, E.; Spadotto, C. A. **Matopiba**: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. Embrapa Gestão Territorial - Nota Técnica/Nota Científica, 2014.

Müller, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3.ed. Sulina. Porto Alegre: 1982, 262p.

Pires, M. F. A.; Paciullo, D. S. C.; Pires, J. A. A. Conforto animal no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 81-89, 2010.

Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado**: estratégias e resultados. Planaltina DF. 2007.

Santos, F. C. B.; Souza, B. B.; Alfaro, C. E. P. et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2005.

Shiota, A.M.; Santos, S.F.; Nascimento, M.R. Parâmetros Fisiológicos, Características De Pelame E Gradientes Térmicos Em Novilhas Nelore No Verão E Inverno Em Ambiente Tropical. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1687-1695, Nov. 2013.

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**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1403-1411, 1999.

Silva, M. C.; Boaventura, V. M.; Fioravanati, M. C. S. História do povoamento bovino no Brasil central. **Revista UFG**, v.13, n. 13, p. ,2012.

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.

Thom, E. C. Coolingdegrees – daysairconditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, n.7, p.65-72, 1959.

WEATHER SPARK (Estados Unidos da América). **Condições Meteorológicas Médias de Feira Nova do Maranhão**, 2022.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

Testes de adaptabilidade utilizando apenas mensurações ambientais ou somente nos animais não são eficientes para avaliação da adaptabilidade de bovinos. Sugere-se a utilização de testes que associem medidas ambientais e nos animais, como o teste de Rauschencach-Yerokin, o mais eficiente para detectar diferenças quanto à adaptabilidade de bovinos na região em que os dados foram coletados.

É importante ressaltar que os manejadores dos bovinos estão sujeitos às mesmas condições na lida diária que os animais, sugerindo-se pesquisas relacionando o ambiente climático, o conforto térmico dos bovinos e de seus tratadores e o adoecimento, tanto de animais quanto dos tratadores.

Ações mitigadoras, como a possibilidade de escolha entre sol e sombra, podem reduzir os efeitos estressantes da radiação solar e temperatura sobre os animais e, também, sobre seus tratadores favorecendo a produtividade nos rebanhos da região.

Em adição, trabalhos de pesquisa em etologia de bovinos relacionando seu comportamento ao ambiente podem levar a uma maior produtividade nos rebanhos da região.



## 8 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL E DO REFERENCIAL TEÓRICO

- ABCB Senepol. **Características**. Disponível em <https://senepol.org.br/associacao/abcb-senepol/>. Acesso em: 28 set.2022.
- ACNB. **Associação dos Criadores de Nelore do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.nelore.org.br>. Acesso em: 34 jul.2022.
- ALVES, P. S.; KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal e ambiência na ILPF. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. et al. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019, p. 209-223.
- ARANHA, H. S.; ANDRIGHETTO, C., LUPATINI, G. C. et al. Produção e conforto térmico de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1686-1694, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/QWDWVhzMTqxHhyQSkHbJrPy/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 04 out. 2022.
- ARRIGALA, G. G.; HENNING, W. L.; MILLER, R. C. The effect of environmental temperature and relative humidity on the acclimation of cattle to the tropics. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 11, p. 50-60, 1962. Supplement 1.
- ÁVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A. et al. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. **REGET**, v.14, n.14, set., 2013. ed.espcial.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R. N. B. et al. Produtividade acumulada (PAC) das matrizes em rebanhos Nelore do Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 54-59, 2005.
- BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 2010.
- BODISCO, V.; MANRIQUE, U.; VALLE, A. et al. Tolerância al calor y humedad atmosférica de vacas holstein, pardas suizas y guernsey. **Agron. Trop.**, v. 23, n. 3, p. 241-261, 1973.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. Black globe-humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CARVALHO, G. M. C. Aspectos técnicos e científicos para a produção de bovinos compostos, tropicalmente adaptados, com o uso de recursos genéticos brasileiros. **(Comunicado Técnico 253)**. Teresina, PI, outubro, 2019.

CARVALHO, G. M. C. **Curraleiro Pé-Duro: Germoplasma estratégico do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 286p.

CARVALHO, G. M. C.; LIMA NETO, A. F.; AZEVEDO, D. M. M. R. et al. Estrutura genética de raças bovinas locais e exóticas criadas no Brasil e nos Estados Unidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. **Anais...** Brasília, DF: SBRG, 2012. 4 p. 1 CD-ROM.

CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S.P.; TELATIN JÚNIOR, A. et al. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 536-539, 2008.

DANTAS, M. R. T.; SOUZA JÚNIOR, J.B.F.; DOMINGOS, H.G.T. et al. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, v. 6, n. 7, 2012.

DEITENBACH, A.; FLORIANI, G. S.; DUBOIS, J. C. L. et al. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: MDA/FAF, 196 p.: il., 2008.

DU PREEZ, J. H. et al. Heat stress in dairy cattle under southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 183-187, 1990.

EIGENBERG, R. A.; BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J. A. et al. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 2: Predictive relationships. **Biosystems Engineering**, v.91, n., p. 111-118, 2005.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U.; PIRES, M.F.A. et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.4, p. 763-768, 2009.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 732-738, 2006.

FERREIRA, M. M.; FERREIRA, A. C. M.; EZEQUIEL, J. M. B. Avaliação econômica da produção de bovinos confinados: estudo de caso. **Informações econômicas**, v.1, n.7, p.7-20, 2004.

GARCIA, A. B.; ANGELI, N.; MACHADO, L. et al. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 889-894, 2015.

GOLONI, L. A.; MOITA, R. M. S. **Rebanho bovino de corte no Brasil: uma análise empírica de poder de mercado**. Disponível em:

<<http://www.anpec.org.br/encontro2010/inscriçao/arquivos/000-5d224c205c4ffdfbdb1dbe1739ff4884.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Censo agropecuário. 2022. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 30 nov. 2022.

IPCC. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. **Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. Genebra, Suíça, 2014.

KAMAL, R.; DUTT, T.; PATEL, B. H. et al. Effect of shade materials on microclimate of crossbred calves during summer. **Veterinary World**, v. 7, n. 10, p. 776-783, 2014.

KAWABATA, C. Y.; CASTRO, R. C.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 598-607, 2005.

LAWRANCE, M. G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air. **American Meteorological Society, BAMS**, fev., p. 225-233, 2005. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/86/2/bams-86-2-225.xml> Acesso em: 03 mar 2022.

MADER, T. L.; JOHNSON L. J.; GAUGHAN, J. B. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **Journal of Animal Science**, v. 88, n.6, p. 2153-2165, 2010.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO J. R. H.; SILVA, S. L. et al. Resposta fisiológica e produtiva de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

MARTINS, J. L.; DA SILVA, I. J. O.; FAGNANI, M. A. et al. Avaliação da qualidade do sombreamento natural em pastagem no outono. **Engenharia Rural**, v. 13, n. único, p.1-12, 2002.

MATARAZZO, S.V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTO, M. et al. Intermitência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, v. 6, n. 3, p. 654-662, 2006.

MEDRADO, J. A “Guerra Contra O Zebu”: notas sobre o animal que dividiu as elites pecuaristas brasileiras. **RURIS: Revista do Centro de Estudos Rurais**, v. 9, n. 2, p., 2015.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 1982,. 262p.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T. et al. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 508-517, 2009.

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

OLIVEIRA, S. M.; JACOME, I. M. T. D. Índices bioclimáticos e parâmetros fisiológicos de novilhos holandeses x azebuados mantidos a pasto na região Norte do Rio Grande do Sul. **SIC – XIX Seminário de Iniciação Científica**, Relato de experiência, 2011.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F. Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. **Revista Ciência Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 135-142, 2007.

PINHEIRO, A.; SARAIVA, E. P., SARAIVA, C. A. S. et al. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. **Revista AGROTEC**, v. 36, n. 1, p. 280-293, 2015.

PIRES, M. F. A.; PACIULLO, D. S. C.; PIRES, J. A. A. Conforto animal no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 81-89, 2010.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de pastagens: I.** Procedimentos para introdução de árvores em pastagens. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 8 p. (Comunicado técnico, 155).

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura no ambiente térmico. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 899-909.

ROBINSON, E.N. Termorregulação. In: CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999, cap.51, p.427-435.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R. Produção brasileira de leite: uma análise conjuntural. In: **Anuário leiteiro 2018**. Brasília: EMBRAPA, 2018, p.6-8.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B.B.; FILHO, J. M. P. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 1422, 2010.

ROSSAROLLA, G. **Comportamento de vacas leiteiras da raça holandesa, em pastagem de milho com e sem sombra**. 2007. 47 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P. et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2005.

SCHROEDER, B. **Impacto do estresse por calor no metabolismo e na qualidade do leite em vacas**. Disciplina de Fundamentos Bioquímicos dos Transtornos

Metabólicos. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.11p.

SHIOTA, A.M.; SANTOS, S.F.; NASCIMENTO, M.R. Parâmetros Fisiológicos, Características De Pelame E Gradientes Térmicos Em Novilhas Nelore No Verão E Inverno Em Ambiente Tropical. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1687-1695, Nov. 2013.

SILANIKOVE, N.; LEITNER, G.; MERINC, U. et al. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2-3, p. 110-124, 2010.

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A. Parâmetros fisiológicos e hematológicos de caprinos em função da adaptabilidade ao semiárido. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 3, p. 01-06, 2010.

SILVA, M. C.; BOAVENTURA, V. M.; FIORAVANTI, M. C. S. História do povoamento bovino no Brasil central. **Revista UFG**, v. 13, n. 13, p.34-41, 2012.

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

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.

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; CEZAR, M. F. et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 275-280, 2008.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Revista ACSA**, v. 8, n. 3, p. 06-10, 2012.

THOM, E. C. Cooling degrees – days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1959.

VIACAVA, C. **Nelore: o boi ecológico que está conquistando o mundo**. São Paulo: Fundação Petrópolis, 2000. 39p.

YAMAMOTO, S.; YOUNG, B. A.; PURWANTO, B. P. et al. Effect of solar radiation on the heat load of dairy heifers. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 45, p.1741-1749, 1994.