



**BIOCLIMATOLOGIA E BEM-ESTAR
ANIMAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**
Coletânea Científica – Artigos Completos – Volume 5
Raça Ovina Soinga no Semiárido Brasileiro

Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA)

978-65-01-99704-9 | Acesso Aberto

CAPÍTULO 6

Efeitos do estresse térmico sobre parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hormonais de ovinos nativos de diferentes genótipos em câmara climática

Effects of Heat Stress on Physiological, Biochemical, and Hormonal Responses of Native Sheep of Different Genotypes in a Climatic Chamber

Maycon Rodrigues da Silva¹; José Antônio da Silva Pires¹; Ricardo de Sousa Silva¹; Raimundo Calixto Martins Rodrigues²; Nágela Maria Henrique Mascarenhas¹; Luanna Figueiredo Batista¹; Antônio Fernando de Melo Vaz¹; Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Dermeval Araújo Furtado¹; Antônio Nélon Lima da Costa³; José Valmir Feitosa³

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, Brasil.

² Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Maranhão, Brasil.

³ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Ceará, Brasil.

*Autor para correspondência: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v5.c06.2026>

RESUMO

Avaliou-se o efeito de diferentes temperaturas sobre os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hormonais de ovinos Soinga, Morada Nova, Santa Inês e SRD, em câmara climática. Foram utilizados 24 ovinos machos não castrados, em baias contendo 8 animais em cada (2 de cada grupo genético), expostos a 3 ambientes térmicos (AT = 28 °C, 32 °C e 36 °C) por um período de 15 dias, 10 horas por dia. Foram mensuradas a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e

temperatura superficial (TS) e avaliados os parâmetros hormonais (Cortisol, T3 e T4) e bioquímicos após a exposição a cada temperatura. O ambiente térmico influenciou ($p < 0,05$) as médias de TR, FR e TS. O ITGU indicou estresse severo a partir de 32°C (>84), com pico de elevação a 36°C (>88). Todos os genótipos alteraram parâmetros fisiológicos conforme o ambiente variou, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os grupos genéticos. As concentrações de T3 e T4 ficaram dentro da referência para a espécie em todos os tratamentos. O cortisol diferiu ($P < 0,05$) entre os tratamentos e grupos genéticos. Houve diferenças ($P < 0,05$) no colesterol médio (COL) entre os tratamentos e grupos genéticos e triglicerídeos (TRI) apenas entre os grupos de tratamento com $\text{TA} = 36^{\circ}\text{C}$. Para glicose (GLI) houve diferenças ($P < 0,05$) apenas entre os tratamentos. Todos os animais foram capazes de manter a homeotermia mesmo em ambiente de estresse por calor, evidenciando a equivalência adaptativa entre ovinos Soinga, Morada Nova, Santa Inês e os sem raça definida (SRD), devido à alta tolerância ao calor em ambientes extremos.

Palavras-chave: Metabólitos sanguíneos; Termorregulação; Tolerância ao calor.

ABSTRACT

The effect of different temperatures on the physiological, biochemical and hormonal parameters of Soinga, Morada Nova, Santa Inês and SRD sheep was evaluated in a climatic chamber. Twenty-four uncastrated male sheep were used in pens containing 8 animals each (2 from each genetic group), exposed to 3 thermal environments ($\text{AT} = 28^{\circ}\text{C}$, 32°C and 36°C) for a period of 15 days, 10 hours per day. Rectal temperature (RT), respiratory rate (RR) and surface temperature (TS) were measured and hormonal (Cortisol, T3 and T4) and biochemical parameters were evaluated after exposure to each temperature. The thermal environment influenced ($p < 0.05$) the means of RT, RR and TS. ITGU indicated severe stress from 32°C (> 84), with a peak elevation at 36°C (> 88). All genotypes changed physiological parameters as the environment varied, with no difference ($P > 0.05$) between genetic groups. T3 and T4 concentrations were within the reference for the species in all treatments. Cortisol differed ($P < 0.05$) between treatments and genetic groups. There were differences ($P < 0.05$) in mean cholesterol (COL) between treatments and genetic groups and triglycerides (TRI) only between treatment groups with $\text{TA} = 36^{\circ}\text{C}$. For glucose (GLI) there were differences ($P < 0.05$) only between treatments. All animals were able to maintain homeothermy even in a heat stress environment, evidencing the adaptive equivalence between Soinga, Morada

Nova, Santa Inês and mixed breed (SRD) sheep, due to their high tolerance to heat in extreme environments.

Keywords: Blood metabolites; Thermoregulation; Heat tolerance.

INTRODUÇÃO

A ovinocultura tem se firmado nas últimas décadas como uma importante atividade de produção animal em expansão ao redor do mundo, servindo como fonte de renda e como meio para a fixação dos produtores e seus familiares no campo. Embora existam grandes potencialidades, os sistemas de criação de ovinos expressam índices produtivos e reprodutivos abaixo do seu real potencial. Entre as principais causas relacionadas a esse fato, ganham destaque as condições climáticas, no tocante às altas temperaturas e as variações da umidade relativa do ar (BERIHULAY et al., 2019).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) divulgou o novo relatório histórico do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) - Mudança Climática 2021: A Base da Ciência Física - que descreve o estado atual das mudanças climáticas provocadas por humanos, em um nível considerado preocupante (IPCC, 2021). Em virtude disso, os efeitos diretos do estresse por calor ocorrerão principalmente devido ao aumento das temperaturas ambientais e à frequência e intensidade das ondas de calor (LACETERA, 2019), influenciando consideravelmente a sustentabilidade da produção animal em todo o mundo.

Nas regiões tropicais, são criadas diversas raças de ovinos nativos com elevada capacidade de tolerância ao calor, considerados recursos genéticos de grande importância pela sua alta adaptabilidade às imposições climáticas da região. O grupo genético Soinga vem se destacando por apresentar capacidade de conviver no clima semiárido, apresentando bons índices de produtividade, dentre eles, o ganho de peso e uma carne de excelente qualidade (CAVALCANTE 2018; MEDEIROS et al., 2019). Ainda assim, são escassas as publicações de estudos científicos sobre esse genótipo, que tem potencial para ser melhorado e disseminado como um recurso genético para o enfrentamento das alterações climáticas em regiões semiáridas tropicais.

A avaliação de parâmetros fisiológicos de animais criados em ambientes quentes é importante para identificar a capacidade de regulação térmica a partir das alterações homeostáticas, como mudanças na temperatura corporal, metabolismo e hormônios termogênicos (COSTA et al., 2015; COSTA et al., 2018). Junto a isso, as variáveis fisiológicas e os indicadores homeostáticos

relacionados a bioquímica sanguínea são importantes dentro do contexto da adaptação ao ambiente (HELAL et al., 2010).

Avaliações hormonais, principalmente daqueles produzidos pela hipófise (prolactina), adrenal (cortisol) e tireoide (triiodotironina-T3 e tiroxina-T4), são importantes devido o papel determinante desses hormônios na termorregulação e ajustes metabólicos em animais, em ambientes quentes (JOY et al., 2020). O cortisol é considerado o principal hormônio do estresse em ruminantes, embora no que tange ao estresse por calor, ainda é preciso mais estudos que validem esse hormônio como um indicador de estresse térmico confiável para ovinos (DAS et al., 2016).

Experimentos em câmaras climáticas permitem um controle de variáveis ambientais, como a temperatura e a umidade relativa, de modo a proporcionar uma avaliação precisa da influência do ambiente térmico sobre a capacidade termorregulatória dos animais. Essas informações são essenciais para identificar o grau de adaptação ao calor de genótipos nativos do semiárido, possibilitando melhoramentos e ajustes nas práticas de manejo, amenizando as possíveis perdas dentro dos sistemas de produção (TORRES et al., 2017; POLLI et al., 2020).

Desta forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes ambientes térmicos (28°C, 32°C e 36°C) em câmara climática, sobre os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hormonais de ovinos nativos de diferentes grupos genéticos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e desenho experimental

Os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, Protocolo CEP N°. 097.2019.

O experimento foi conduzido em câmara climática, entre os meses de setembro e novembro de 2021, no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LACRA) da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de Campina Grande-PB 7° 13' 51" Sul, 35° 52' 54" Oeste). A câmara climática utilizada possui 6,14 m de comprimento, por 2,77 m de largura, com área construída de 17,00 m² (Figura 1), confeccionada em chapas de aço laminado com proteção

anticorrosiva e preenchimento em isopor, permitindo o isolamento térmico com o ambiente externo.

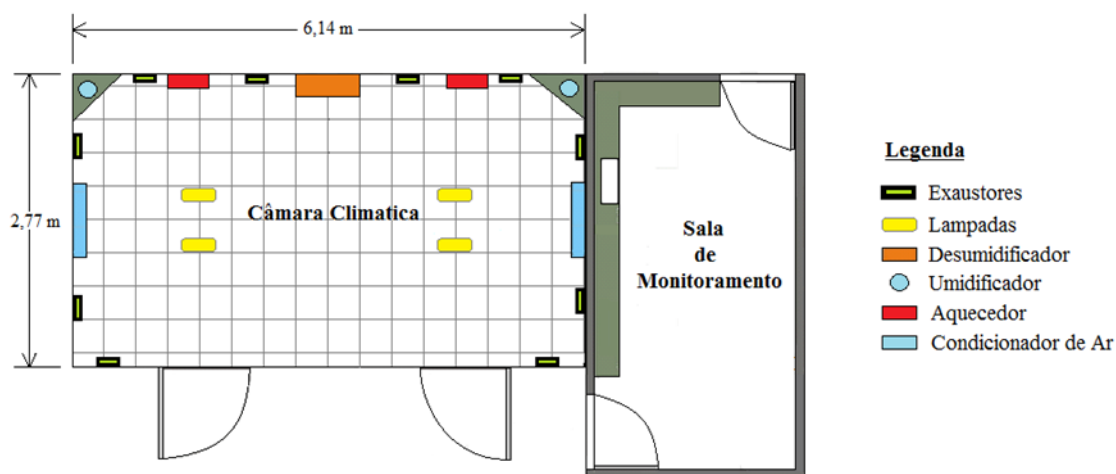


Figura 01. Layout interno da câmara climática e sala de monitoramento com a descrição dos respectivos equipamentos.

Foram utilizados 24 ovinos machos, das raças Santa Inês, Morada Nova, Soinga e sem padrão racial definido (SPRD), sendo seis de cada raça/grupo genético, com idade média de cinco meses e peso médio de 20 kg. Todos os animais foram examinados e vermifugados na fase pré-experimental.

A ração fornecida foi composta por feno de tifton - *Cynodon dactylon*, (L) Peso (50,54 kg), farelo de milho (34,69 kg), farelo de soja (13,32 kg), calcário (0,45 kg) e suplemento mineral (1,0 kg). O arraçoamento dos animais foi *ad libitum* e fornecido duas vezes ao dia, às 8h e às 16h, com ajuste diário do consumo. O consumo de água foi *ad libitum* e fornecido uma vez ao dia, em uma porção de 3 litros por animal/dia.

Os animais foram mantidos em 3 baias coletivas com cerca de 4,00m² cada, distribuídos aleatoriamente 8 animais em cada baia. O piso da câmara climática foi forrado com uma camada de 10cm de serragem de madeira (figura 2), que foi trocada semanalmente para que houvesse boa absorção das fezes e urina dos animais.

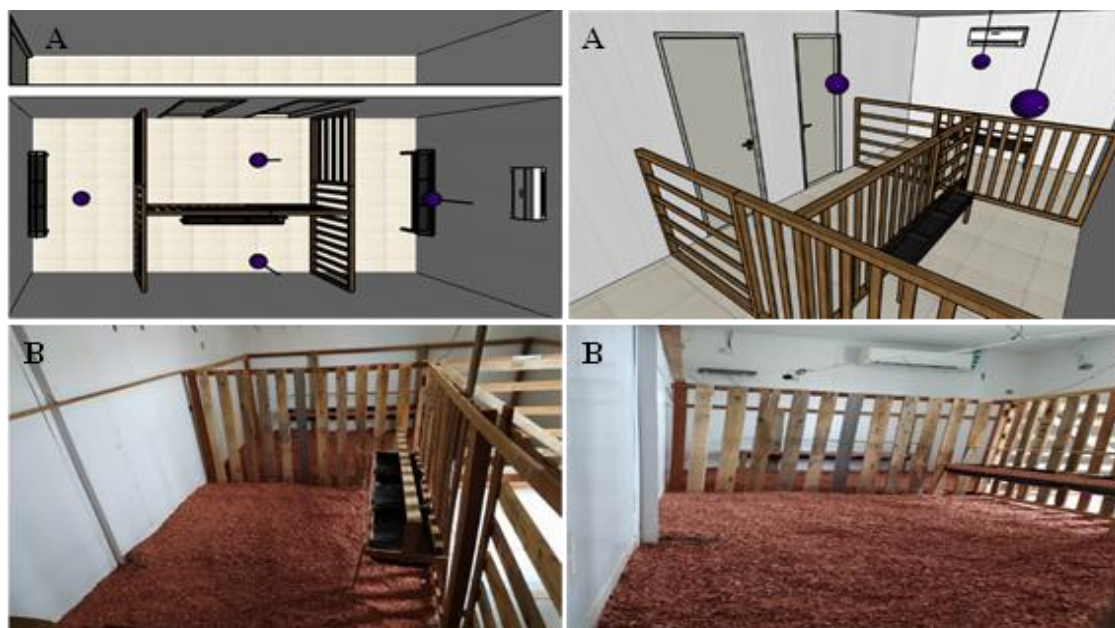


Figura 02: Representação esquemática das baias (A) e foto do interior da câmara climática após confecção das baias (B). (Fonte: arquivo pessoal, 2021).

Os ovinos foram expostos às temperaturas de 28 °C, 32 °C e 36°C, com umidade do ar média de 79,70 %, 83,09% e 85,28 %, sendo que para cada temperatura, foi estabelecido um período de 15 dias consecutivos de exposição em ambiente controlado (câmara climática). Ao 11º dia de exposição a cada temperatura, foi feita a coleta de sangue para análises laboratoriais dos parâmetros bioquímicos e hormonais.

Os animais foram mantidos durante 10h de exposição contínua por dia em cada temperatura, alternando com 14h de temperatura ambiente com a câmara climática desligada e de portas abertas. Entre cada tratamento, os animais permaneceram no local do experimento com os equipamentos desligados e portas abertas, sem influência de temperatura controlada durante 5 dias consecutivos, para eliminar o efeito residual.

2.2 Coleta de dados

2.2.1 Dados ambientais

Durante todo período experimental foram registrados os dados climatológicos, por meio de 3 dataloggers tipo HOBO, com cabo externo com os sensores acoplados ao globo negro, esses equipamentos foram instalados na área central de cada baia, alocados na altura do centro de massa dos animais (figura 3), e foram programados para registrar os dados a cada hora durante 24 horas,

sendo utilizados para análise estatística, os horários das 7h00 às 17h00 horas (horário em que a câmara ficou fechada com a temperatura e umidade controladas).



Figura 03. Datalogger tipo HOBO (A), e cabo externo com os sensores acoplados ao globo negro próximo à altura dos animais na área central da baia (B). (Fonte: arquivo pessoal, 2021).

Para verificação da velocidade do vento, foi usado um anemômetro digital modelo AD-250 portátil, com faixa de medição de 0,4 a 30 m/s, posicionado na altura do centro de massa dos animais para que este pudesse registrar a movimentação do ar provocada pelos exaustores, climatizadores e pela entrada e saída de pessoas dentro da câmara, quando estes estiverem fornecendo o alimento ou coletando os dados experimentais.

Os valores dos índices de conforto térmicos foram determinados a partir dos dados observados, no período de 7h00 às 17h00, horário da temperatura controlada com a câmara fechada, em intervalos de uma hora. Para o cálculo do Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), foi utilizada a fórmula sugerida por Buffington et al. (1981), expressa da seguinte maneira:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} + 41,5$$

Onde:

ITGU: índices de temperatura de globo negro e umidade, °C;

T_{gn} : temperatura do globo negro, °C;

T_{po} : Temperatura do ponto de orvalho, °C.

2.2.2 Temperatura retal e superficial e frequência respiratória

As variáveis fisiológicas foram medidas no turno da tarde em todos os animais do experimento, entre as 14h30 e 15:30h, durante os dias de coletas de cada tratamento experimental (28 °C, 32 °C e 36°C), sendo aferidas a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), e temperatura superficial (TS). A obtenção da temperatura retal foi realizada com a introdução de um termômetro clínico veterinário, com escala até 44 °C, diretamente no reto, em contato com a mucosa retal do animal, a uma profundidade de 5 cm, permanecendo por um período de 2 min.

A frequência respiratória foi medida por meio da auscultação indireta das bulhas, com um auxílio de um estetoscópio flexível, ao nível da região torácica, contando-se o número de movimentos durante um minuto, obtendo-se assim a quantidade de mov min⁻¹.



Figura 04: Termografia de infravermelho de ovino em câmara climática (câmera termográfica Fluke®Ti55FT) (A) e termograma analisado no *Smartview* versão 4.1 (B) (Fonte: arquivo pessoal, 2021).

A temperatura superficial (TS) foi obtida por termografia infravermelha, quando os animais permaneceram imóveis, sem qualquer restrição e com pouca manipulação, utilizando uma câmera termográfica modelo Fluke® Ti55FT, com precisão de ± 2 °C ou 2% da temperatura real,

sensibilidade térmica (NETD) <50 mK, resolução infravermelha de 320 × 240 pixels e tela de 5,7 polegadas (14,4 cm) com resolução de 320 × 240 pixels.

Os termogramas foram analisados pelo *software Smartview* versão 4.1, considerando-se a emissividade de 0,98. As TS foram obtidas a partir da média dos pontos de temperatura máxima (°C) das regiões: cervical, torácica, dorsal, ventral e glútea (figura 4) obtidos no turno da tarde durante os dias de aferições de parâmetros fisiológicos em cada fase experimental e suas respectivas temperaturas (28 °C, 32 °C e 36 °C).

2.2.3 Parâmetros bioquímicos

Para avaliação dos parâmetros séricos, no 11º dia de exposição a cada temperatura (28 °C, 32 °C e 36°C), foram colhidos 4 ml de sangue por punção da veia jugular nos animais. A coleta do sangue foi feita pela manhã, antes da alimentação, por meio de seringas de 5 ml, que foram transferidos para tubos sem anticoagulante, previamente identificados e em seguida passaram por processo de centrifugação (centrifuge model 90-1, Coleman Equipamentos para Laboratório Comp. E Imp. Ltda, Brasil) a 3000 rpm/15 min, no qual após a obtenção do soro, o material foi armazenado em microtubos identificados e congelados a -20 °C.

Em seguida, as concentrações plasmáticas foram mensuradas no Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário, Campus de Patos-PB, em Analisador Bioquímico Automático (Cobas C111, Roche). Os valores foram determinados através de ensaios enzimáticos ou colorimétricos em kits específicos de ureia (URE) UV cinético (urease e glutamato desidrogenase), creatinina (CRE) cinético (Jaffé reação modificada), proteínas totais (PT) colorimétrico (reação de biureto), albumina (ALB) colorimétrico (verde bromocresol - BCG), colesterol (COL) cinético (colesterol oxidase (CHOD)-PAP), triglicerídeos (TRI) cinético (glicerol-3- fosfato oxidase -GPO-PAP).

2.2.4 Hormônios tireoidianos (T3 e T4) e cortisol

As amostras de sangue foram coletadas no 11º dia de cada tratamento experimental (28 °C, 32 °C e 36°C), por meio de punção na veia jugular após assepsia com álcool iodado. Nas coletas foram usadas agulhas de calibre 0,8x25mm e tubos à vácuo de 5ml, contendo anticoagulante etileno diaminotetracetato de sódio (EDTA) a 10%. As amostras de sangue foram centrifugadas a 4°C a

3.000 rpm x (1.100XG) por 15 minutos. O sobrenadante resultante da centrifugação foi separado em alíquotas de 1,5mL e armazenados a -20 °C.

As concentrações plasmáticas de cortisol, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) foram analisadas em duplicatas mediante técnica ELISA, utilizando *kits* laboratoriais de uso comercial (INVITRO), desenvolvidos para avaliação quantitativa dos hormônios.

2.2.5 Análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 4 x 3, (quatro grupos genéticos e três temperaturas). Os dados das variáveis ambientais e parâmetros fisiológicos foram submetidos à análise de variância, por meio do programa estatístico SAEG 9.1 e as médias comparadas pelo teste Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Para os dados dos parâmetros sanguíneos (Bioquímicos, T3, T4 e Cortisol), foi realizada análise para duas variáveis independentes (raças e tratamentos térmicos) através de ANOVA (Dual-way) seguida por post hoc teste Bonferroni no GraphPrism® (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA) para Windons, e a significância estatística foi estabelecida em $P \leq 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 5 estão as variáveis que caracterizam o ambiente térmico, temperatura do ar (TA), temperatura de globo negro (TGN), umidade relativa (UR) e os índices de temperatura do globo negro e umidade (ITGU). Em cada fase experimental os valores de TA estiveram de acordo com o pré-estabelecido (28 °C, 32 °C e 36°C). Os valores médios de UR, TGN e ITGU aumentaram proporcionalmente à elevação da temperatura, atingindo os valores máximos de 85,28%, 35,19 °C e 88,44 aos 36 °C respectivamente, demonstrando um ambiente fora da zona de conforto térmico dos animais (Figura 5).

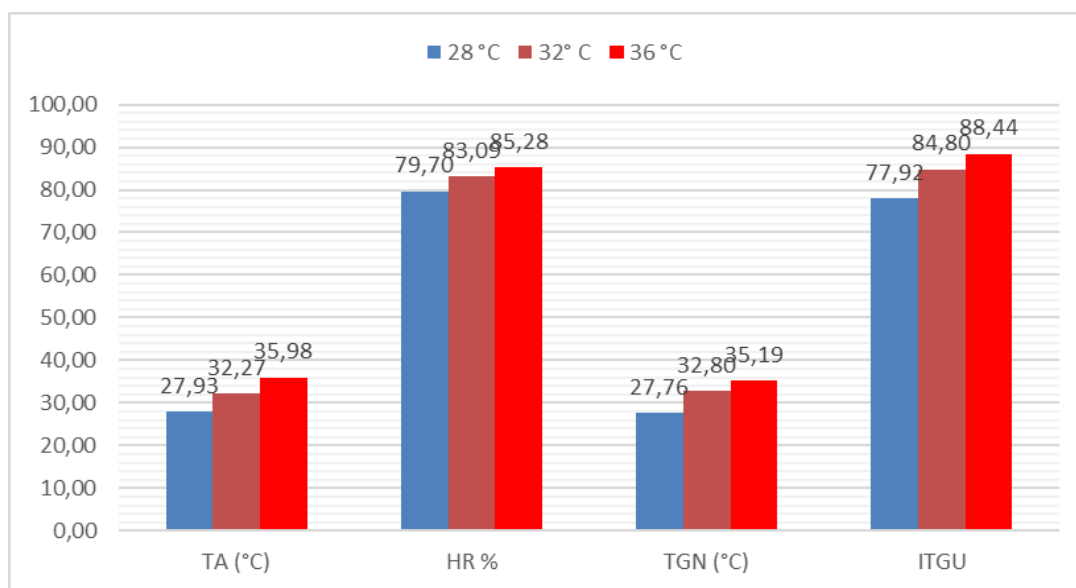


Figura 5. Médias dos dados meteorológicos: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) no interior da câmara climática, em função das temperaturas 28°C, 32°C e 36°C.

No momento em que a câmara climática esteve desligada e de portas abertas, as variáveis ambientais (TA, HR, TGN), bem como o ITGU, demonstraram não haver condições que representasse desconforto térmico para os animais em estudo (Figura 6).

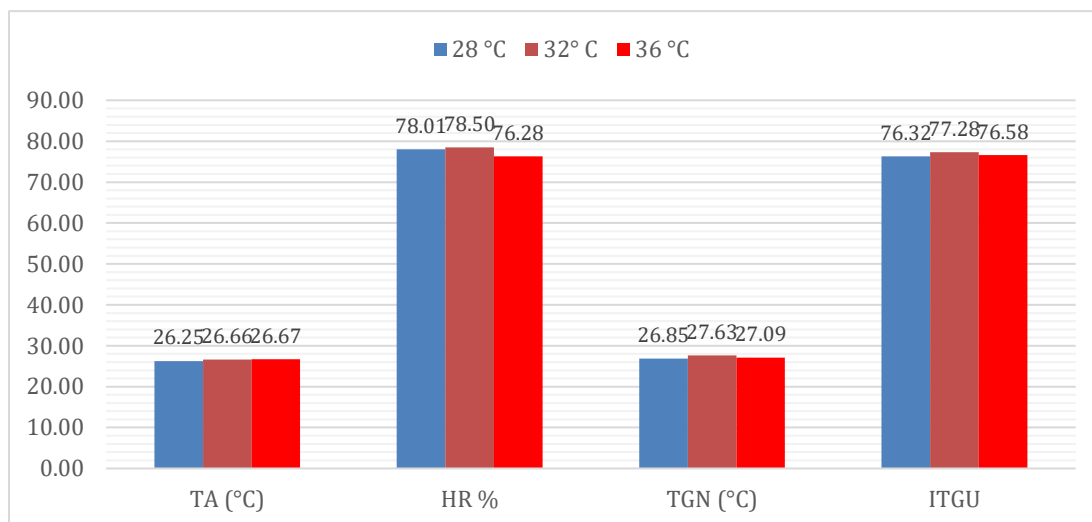


Figura 6. Médias dos dados meteorológicos: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) sem controle de temperatura, com climatizadores desligados e portas da câmara climática abertas.

Durante o período experimental, as exposições a ambientes térmicos distintos afetaram significativamente ($P<0,05$) a temperaturas retal (TR), temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR) dos ovinos (Tabela 1). Para o fator grupo genético, foi observado variações semelhantes e os valores médios dos parâmetros fisiológicos mencionados aumentaram na medida em que a temperatura de exposição era elevada, diferindo apenas entre os tratamentos ($P<0,05$) com os maiores valores na exposição aos 36 °C (Tabela 1).

Tabela 1 – Média geral dos parâmetros fisiológicos: temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS) de ovinos de diferentes genótipos em função das temperaturas 28 °C, 32 °C e 36 °C em câmara climática.

Temperatura ambiente (°C)	Variáveis fisiológicas		
	TR (°C)	FR (mov min ⁻¹)	FC (bat min ⁻¹)
28 °C	38,56 C	30,05 C	93,00 B
32 °C	38,78 B	71,33 B	92,66 B
36 °C	39,23 A	179,88 A	102,00 A
CV (%)	0,71	22,35	10,35

Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferença para o fator ($P<0,05$) pelo Teste de Tukey.

As concentrações plasmáticas de T3 e T4 estiveram dentro dos valores de referência para espécie em todos os tratamentos, sem diferenças estatísticas ($P>0,05$) significativas (Tabela 2).

Apenas os níveis de Cortisol diferiram significativamente ($P<0,05$) entre os tratamentos e os grupos genéticos, estando todos os grupos com as menores médias aos 28°C. Aos 32°C os ovinos Soinga e Morada Nova apresentaram as menores médias em comparação aos Santa Inês e SRD, e aos 36°C o cortisol foi significativamente mais elevado ($P<0,05$) entre os tratamentos, sem diferença significativa ($P>0,05$) entre os grupos genéticos (Tabela 2).

Para os parâmetros metabólicos expostos na tabela 3, foi constatado diferenças estatísticas ($P<0,05$) nas médias de colesterol (COL) entre os tratamentos e grupos genéticos e de triglicerídeos (TRI) apenas entre os grupos do tratamento com TA= 36°C. Para glicose (GLI) houve diferenças ($P<0,05$) apenas entre os tratamentos; e não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos metabolitos: proteína total, albumina, creatinina e ureia.

O grupo genético Soinga apresentou uma menor variação das médias de COL em função das temperaturas experimentais, diferente dos outros genótipos que os valores se elevaram do

tratamento 28 °C para o 32 °C e diminuíram significativamente ($P<0,05$) após exposição ao tratamento 36 °C (Tabela 3).

Dentro das instalações, a temperatura (TA) média máxima (35,98°C) (figura 5) e a TA mínima (26,25°C) (figura 6) encontram-se, respectivamente, acima da zona de conforto térmico (ZCT) para a espécie, que deve ser inferior a 25,0°C com umidade relativa de 65,0 % segundo Eustáquio Filho et al (2011). A amplitude entre as TA foi de 9,73 °C, o que exige uma rápida adaptação fisiológica às variações térmicas, situação semelhante ao que ocorre no semiárido.

Tabela 2 – Médias das concentrações plasmáticas de cortisol, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) de diferentes grupos genéticos em função das temperaturas 28, 32 e 36 (°C).

Parâmetros hormonais	Grupos genéticos				Valores de referência para Ovinos
	Soinga	Morada Nova	Santa Inês	SRD	
28°C					
Cortisol					
(ng/ml)	7,69 ± 1,00 B	7,11 ± 0,48 C	7,15 ± 1,23 B	7,37 ± 0,59 C	6,00 ± 1,00
T4 (ng/ml)	1,23 ± 0,06	1,23 ± 0,06	1,16 ± 0,06	1,24 ± 0,02	-
T3 (ng/ml)	0,95 ± 0,08	0,99 ± 0,16	0,93 ± 0,19	1,04 ± 0,15	0,63 - 1,5
32°C					
Cortisol					
(ng/ml)	7,72 ± 1,19 Bc	7,76 ± 0,58 Bc	9,35 ± 0,69 Aa	8,45 ± 0,40 Bb	6,00 ± 1,00
T4 (ng/ml)	1,22 ± 0,04	1,22 ± 0,03	1,17 ± 0,20	0,99 ± 0,17	-
T3 (ng/ml)	0,93 ± 0,05	0,91 ± 0,11	0,85 ± 0,16	0,88 ± 0,09	0,63 - 1,5
36°C					
Cortisol					
(ng/ml)	9,00 ± 0,85 A	9,77 ± 0,16 A	9,82 ± 0,17 A	9,57 ± 0,57 A	6,00 ± 1,00
T4 (ng/ml)	0,93 ± 0,19	1,04 ± 0,15	0,93 ± 0,05	0,91 ± 0,11	-
T3 (ng/ml)	0,79 ± 0,13	0,90 ± 0,10	0,76 ± 0,06	0,76 ± 0,08	0,63 - 1,5

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste ANOVA (Dual-way) seguida por post hoc teste Bonferroni ($P<0,05$).

Na figura 5 constata-se que a umidade relativa (UR) ultrapassou os 80% aos 32°C e aos 36°C, estando acima dos valores ideais para ovinos segundo Baêta e Souza (2010), que é entre 50 e 80%. A elevação da UR, associada as temperaturas mais elevadas, promovem a elevação da taxa metabólica dos animais, elevando o consumo de água e consequente sua eliminação, através do suor e da urina, que podem ter contribuído para o aumento da UR, como fontes adicionais de umidade na câmara (MIRANDA et al., 2018).

A umidade relativa do ar afeta significativamente o balanço calórico em um ambiente quente, onde a perda de calor por meio da evaporação é essencial para a manutenção da temperatura corporal. Na medida em que a UR e a TA ultrapassam a ZCT, há um aumento da sensibilidade dos ovinos ao estresse térmico, dificultando a dissipação do calor e aumentando temperatura corporal (BORGES et al., 2018).

Tabela 3 – Médias dos parâmetros metabólicos: proteína total (PT), albumina (ALB), creatinina (CRE), ureia (URE), glicose (GLI), triglicerídeos (TRI) e colesterol (COL) de ovinos de diferentes genótipos em função das temperaturas 28, 32 e 36 (°C) em câmara climática.

Parâmetros metabólicos	Grupos genéticos				Valores de referência para ovinos
	Soinga	Morada Nova	Santa Inês	SRD	
28°C					
PT (g/dL)	3,97±0,12	4,00±0,14	4,00±0,22	4,18±0,13	6,0 – 7,9
ALB (g/dL)	2,36±0,10	2,28±0,11	2,37±0,15	2,34±0,18	2,4 – 3,0
CRE mg/dL)	0,33±0,05	0,40±0,10	0,37±0,10	0,37±0,08	1,2 – 1,9
URE (mg/dL)	21,05±4,92	19,13±1,74	20,82±2,16	21,09±4,13	17,12 – 42,8
GLI (mg/dL)	40,55±4,93 B	38,43±2,73 B	39,53±1,79 B	36,64±5,62 B	50 -80
TRI (mg/dL)	29,19±3,39	27,64±4,11	28,61±6,45	27,68±8,87	9 - 30
COL (mg/dL)	87,71±11,5 Ba	86,51±12,67 Ba	92,26±17,04 Ba	76,96±14,8Bb	52 - 76
32°C					
PT (g/dL)	3,97±0,27	3,82±0,13	3,73±0,25	3,93±0,15	6,0 – 7,9
ALB (g/dL)	2,44±0,23	2,48±0,10	2,49±0,08	2,54±0,13	2,4 – 3,0
CRE (mg/dL)	0,40±0,08	0,40±0,06	0,42±0,07	0,37±0,10	1,2 – 1,9
URE (mg/dL)	17,14±2,39	19,34±3,33	20,73±1,68	17,93±4,05	17,12 – 42,8
GLI (mg/dL)	65,55±4,76 A	65,92±4,20 A	72,94±1,96 A	65,71±3,93 A	50 -80
TRI (mg/dL)	27,56±8,90	22,60±3,03	18,83±4,37	22,04±4,70	9 - 30
COL (mg/dL)	89,03±11,9Bb	106,20±14,8 Aa	114,01±39,8 Aa	93,38±13,6 Ab	52 - 76
36°C					
PT (g/dL)	3,65±0,13	3,67±0,08	3,68±0,31	3,83±0,19	6,0 – 7,9
ALB (g/dL)	2,19±0,10	2,05±0,10	2,26±0,31	2,21±0,10	2,4 – 3,0
CRE (mg/dL)	0,35±0,10	0,35±0,08	0,30±0,08	0,35±0,08	1,2 – 1,9
URE (mg/dL)	19,03±4,99	18,49±3,99	18,52±4,51	18,43±3,18	17,12 – 42,8
GLI (mg/dL)	66,82±3,57 A	63,72±4,24 A	64,67±6,45 A	62,28±5,76 A	50 -80
TRI (mg/dL)	20,62±2,99 c	27,96±1,41a	24,89±5,62 b	24,64±5,67 b	9 - 30
COL (mg/dL)	96,41±11,52 Aa	48,89±8,43 Cb	46,31±6,86 Cb	45,18±9,05 Cb	52 - 76

A, B, C: As médias dentro da coluna são significativamente diferentes (P <0,05); a, b, c: As médias dentro da linha são significativamente diferentes (P <0,05) pelo teste ANOVA (Dual-way) seguida por post hoc teste Bonferroni.

Valores de ITGU até 74 indicam uma situação de conforto para os animais, de 74 a 78 estresse leve; entre 79 e 84 uma situação perigosa e acima de 84, indicam uma situação de emergência para vacas leiteiras (BUFFINGTON et al., 1981). Para a espécie ovina, de acordo com Souza (2010), um valor de ITGU igual a 83 é suficiente para indicar uma condição de estresse médio-alto.

Embora os valores desse índice tenham sido estabelecidos para vacas leiteiras por Buffington et al. (1981), estudos concluíram que essa mesma escala pode ser apropriadamente utilizada para ovinos (FURTADO et al., 2017; TORRES et al., 2017). Portanto, já na primeira fase experimental (28°C), foi visto uma condição representativa de estresse leve, e conforme variou o ambiente térmico, observou-se situações de emergência aos 32°C e 36°C com ITGU médio de 84,80 e 88,44 respectivamente (figura 5). No momento em que a câmara climática esteve aberta e sem controle de temperatura e na exposição aos 28°C, este índice demonstrou condição de estresse leve (ITGU<78).

Os valores médios da TGN estiveram acima do considerado crítico apenas aos 36°C, pois segundo Motta (2001), a TGN vista como regular é de 27 °C e 34 °C, e nesse último tratamento, chegou a 35,19. Junto a isso, a partir das alterações fisiológicas encontradas nas variações de ambiente térmico estudadas, observou-se que os ovinos estiveram sob estresse térmico significativo apenas a partir dos 32°C (ITGU>84).

Ao serem submetidos a ambientes com temperaturas do ar acima da ZCT, os animais homeotérmicos compensam o ganho de calor usando mecanismos de termorregulação, para manter a temperatura corporal interna em uma variação que permita um equilíbrio térmico (Mckinley et al., 2017). Neste estudo, houveram alterações fisiológicas semelhantes entre os grupos genéticos conforme as variações do ambiente, e todos os grupos foram eficientes em dissipar o calor absorvido, sem elevar a TR acima dos limites fisiológicos, mesmo em ambiente de estresse térmico (Tabela 1).

Os parâmetros fisiológicos, como temperatura retal, frequência cardíaca e frequência respiratória de ovinos, são indicadores pertinentes de seu conforto durante o estresse térmico e o ambiente relacionado, sendo a temperatura retal a que reflete a temperatura corporal central dos animais em um propósito prático. Para Rashamol et al (2018) as alterações nos parâmetros fisiológicos são alternativas que os animais adotam para lidar com situações de estresse térmico.

Em temperatura ambiente elevada, o gradiente térmico entre o animal e o ambiente circundante é reduzido, o que leva à falha na eliminação de calor na forma sensível, aumentando seu esforço para dissipar o calor corporal através de uma maior taxa de respiração (DANTAS et al., 2019). Esse fato foi constatado nesta pesquisa a partir da exposição dos animais aos 32°C e 36°C, na qual todos os genótipos apresentaram um alto ritmo respiratório.

As FR médias dos tratamentos 32°C e 36°C, foram caracterizadas como de estresse alto por calor para ruminantes de acordo com a escala de Silanikove (2000), em que uma FR de 40-60, 60-80, 80-120 mov/min caracteriza um estresse baixo, médio-alto e alto para os ruminantes, respectivamente; e acima 200 para ovinos, o estresse é classificado como severo.

Embora os valores de FR tenham sido elevados acima do padrão da espécie, essa foi a principal forma que os ovinos de todos os grupos usaram para dissipar o calor para o ambiente. A elevação desse parâmetro é o primeiro mecanismo de controle para ovinos em ambientes de estresse por calor (HABEEB et al., 2018; MARAI et al., 2007; MCMANUS et al., 2009). Portanto, o fato de a FR ter sido elevada não caracteriza necessariamente uma condição de estresse, mas sim um mecanismo fisiológico funcionando adequadamente para evitar o aumento da temperatura corporal (TR), que esteve, em todos os tratamentos, dentro dos parâmetros para espécie segundo o intervalo proposto por Cunningham (1999).

A temperatura superficial depende, sobretudo, das condições ambientais (temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ventilação) e das condições fisiológicas (como vascularização e evaporação pelo suor). Nascimento (2019) avaliando a adaptabilidade de ovinos Soinga e Santa Inês em função da dieta e do ambiente térmico constatou que a temperatura superficial da raça Santa Inês ultrapassou a do genótipo Soinga. No presente estudo, as TS não diferiram ($P>0,05$) entre os grupos genéticos, mesmo sendo elevadas conforme as variações do ambiente e a diminuição do gradiente térmico, isso demonstra que todos os grupos foram eficientes em direcionar o fluxo sanguíneo para a superfície da pele, para facilitar a dissipação de calor.

Sabe-se que o cortisol é um biomarcador que determina a reação fisiológica e o estado emocional do animal em resposta a estímulos estressores, e seu nível pode variar por diferentes fatores, incluindo temperatura, umidade, manejo e patologias (NEJAD et al., 2014). A concentração plasmática desse hormônio aumenta em proporção direta com o aumento da temperatura ambiente (CARDOSO et al., 2021).

Quando o animal é exposto a temperaturas elevadas, ocorre a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (eixo HPA) possibilitando o aumento da produção do hormônio liberador de corticotropina (CRH) no hipotálamo, que estimula o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) da hipófise anterior, causando aumento da secreção de cortisol pelas suprarrenais (ENGLER et al., 1989). Nesses casos, a expressão do hormônio antidiurético (ADH) também é aumentada, reduzindo a excreção de água (ENGLER et al., 1989).

Raças ovinas nativas de regiões tropicais semiáridas apresentam maior termotolerância em temperaturas de 40°C e 42°C aumentando a produção de cortisol (INDU et al., 2015). Em pesquisa com caprinos submetidos a ambiente controlado, Cardoso et al., (2021), observaram elevações do cortisol aos 32°C, que apesar de indicar resposta termorregulatória, os níveis plasmáticos estiveram dentro da faixa encontrada por outros autores (3 a 15 ng/ml) (COSTA et al., 2015; RIBEIRO et al., 2015).

De acordo com McDonald e Pineda (1989), os níveis de cortisol para pequenos ruminantes varia entre 8–19 ng/mL. Conforme essa variação, observa-se que aos 28°C os níveis de cortisol de todos os grupos estiveram abaixo do intervalo de referência. Quando expostos aos 32°C, os Soinga e os Morada Nova mantiveram os níveis de cortisol abaixo da referência, e os Santa Inês e SRD expressaram as maiores médias.

Embora tenha sido evidenciado diferenças ($P < 0,05$) entre os grupos aos 32°C, as elevações do cortisol encontradas não ultrapassaram o limite de referência para pequenos ruminantes (MCDONALD & PINEDA, 1989). Isso demonstra que o ambiente térmico não afetou os níveis de cortisol de maneira que indicasse estresse térmico para os animais, o que reforça a alta termotolerância dos grupos genéticos avaliados, que mantiveram a TR estável, abaixo do limite para espécie, mesmo em ambiente de estresse grave ($ITGU = 88,44$).

As concentrações de T4 e T3 podem diminuir à medida que a temperatura do ar aumenta (HELAL et al., 2010; COSTA et al., 2015). Nesta pesquisa, em todas as temperaturas, os valores desses hormônios estiveram dentro do intervalo de referência para a espécie de acordo com Gonzáles e Silva (2017), e não houve distinção das médias destes hormônios entre os grupos genéticos ($P > 0,05$), independente da variação térmica (tabela 2). Isso sugere que os grupos genéticos em estudo mantiveram os níveis de T3 e T4 baixos, devido ao eficiente mecanismo

adaptativo desses animais para evitar a produção de calor interna pelo efeito calorigênico desses hormônios na atividade metabólica.

O padrão da taxa metabólica em um mamífero em repouso pode fornecer um meio para os pesquisadores avaliarem o quão bem os animais podem tolerar mudanças de temperatura ambientais, por meio da determinação da zona termonêutra (FONSECA et al., 2019). Ao avaliar a regulação térmica de ovinos Morada Nova em ambiente tropical semiárido, Fonseca et al., (2019) observaram que os animais conseguiram eliminar calor por evaporação, sem aumento significativo da atividade metabólica, que teve alteração evidente apenas aos 37°C.

Em estudo em caprinos submetidos à temperatura controlada em câmara climática, foi demonstrado diminuição dos hormônios T3 e T4 quando submetidos aos 32°C (CARDOSO et al., 2021), resultado semelhante ao de Praga et al (2018) que ao avaliar cabras nativas sob altas temperaturas ambientes (THI =86,5), relataram menor concentração plasmática de T3 e T4. Isso mostra a eficiente termorregulação desses animais para evitar a produção de calor metabólico adicional, impedindo uma condição de estresse térmico.

Os ovinos deste estudo não foram expostos à radiação solar, que é um fator importante que influencia o equilíbrio térmico de animais de vida livre, que são criados a campo (MITCHELL et al., 2018). Mesmo assim, os animais aumentaram a evaporação respiratória à medida que se aumentava a TA (com variação térmica de 9,73°C). No entanto, a análise do equilíbrio térmico em função da temperatura do ar revelou que os ovinos regularam a temperatura corporal dentro de limites estreitos através da perda de calor evaporativa e não- evaporativa, sem mudanças representativas dos níveis de T3, T4 e Cortisol, mesmo nos extremos (TA=36°C).

Entre os fatores climáticos, a temperatura do ar é a condição mais relevante sobre as alterações metabólicas e fisiológicas que compõem o estresse térmico (DIAS & SILVA et al., 2016; JOY et al., 2020). Os parâmetros bioquímicos modificam-se dentro da mesma espécie em virtude de fatores como a idade, o estado fisiológico, a raça, o nível de produção, o manejo e especialmente o estresse climático (RIBEIRO et al. 2016). Ainda assim, no presente estudo não se constatou diferenças significativas na maioria dos metabólicos avaliados (PT, ALB, CRE, URE, TRI) entre os genótipos e tratamentos, embora alguns desses valores tenham se apresentado fora da referência para espécie ovina (KANEKO et al., 2008).

Os níveis de colesterol encontrados neste estudo estiveram acima dos valores de referência para espécie segundo Kaneko et al (2008) nas duas temperaturas iniciais (TA = 28°C e 32°C). Apenas aos 36°C, os Morada Nova, Santa Inês e SRD apresentaram valores ligeiramente inferiores ao padrão da espécie, e os Soinga mantiveram os valores acima do intervalo, de acordo com autor supracitado. Mesmo assim, as médias de COL estão dentro do intervalo (14 – 126 mg dL⁻¹), descrito por Silva et al (2020), que avaliou diversos estudos com ovinos e constatou amplitude de 112 mg dL⁻¹ para os níveis de colesterol, enquanto a amplitude vista por Kaneko et al (2008) foi de 24 mg dL⁻¹ com intervalo entre 52 – 76 mg dL⁻¹.

Apesar dos aumentos da TA não terem ocasionado diminuição dos níveis de GLI e COL nos Soinga, a diminuição do COL observadas nos outros genótipos, pode ser explicada pela influência que ambiente térmico (TA=36°C, ITUG >88) causou nesses animais. Pois em uma situação estressante, os níveis de colesterol diminuem e a síntese de cortisol aumenta em resposta ao estresse térmico (CARDOSO et al., 2021). O cortisol limita o uso da glicose e, nessas condições, o animal mobiliza outras reservas energéticas, como triglicerídeos e proteínas (Sejian et al., 2010).

Os triglicerídeos são a principal forma de armazenamento de energia no organismo animal e são sintetizados em quase todos os tecidos, se destacando no fígado e no tecido adiposo. Embora tenham diferido estatisticamente entre os grupos genéticos do tratamento 36 °C, os valores de TRI estiveram dentro do intervalo de referência para espécie em todos os tratamentos. Os valores obtidos nesta pesquisa estiveram dentro da faixa estabelecida por Kaneko et al (2008), que é entre 9-30 mg dL⁻¹. Entretanto, os valores de TRI definidos por Silva et al, (2020) apresentam um intervalo de referência mais amplo (5-71 mgdL⁻¹), obtido a partir de estudos usando ovinos criados em diversas regiões do Brasil.

Nos ruminantes, a manutenção da concentração de glicose plasmática se relaciona a estabilidade glicêmica, visto que os carboidratos da dieta são quase totalmente utilizados no rúmen (GRESSLER et al., 2015). Alterações fisiológicas devido a fatores ambientais estressantes podem alterar a dinâmica hormonal que regula a gliconeogênese e a utilização celular da glicose, podendo elevar os níveis na corrente sanguínea (KOZLOSKI, 2017, LIBARDI et al., 2018). Neste estudo, nas temperaturas 32°C e 36°C, os ovinos elevaram de forma semelhante os níveis de GLI sanguínea, ainda assim, os valores estiveram dentro do padrão da espécie (KANEKO et al., 2008; SILVA et al., 2020).

A concentração sanguínea de proteínas totais demonstra o status nutricional proteico de forma muito confiável. Elas são importantes para o transporte de nutrientes, metabólitos, hormônios, manutenção da pressão osmótica e viscosidade do sangue, regulação do pH sanguíneo e da coagulação sanguínea (VARANIS, 2018). Embora não tenham diferido estatisticamente ($P>0,05$) para tratamentos e grupos genéticos, neste estudo os níveis de PT estiveram levemente abaixo do padrão para espécie em todas as fases experimentais (KANEKO et al., 2008), ainda assim, permanecem dentro do intervalo para ovinos descrito por Silva et al (2020).

De acordo com González (2018) O aumento exacerbado desse metabólito no sangue pode ser resultado de quadros de desidratação, infecções, tumores, choque, perda de fluidos e até mesmo idade avançada do animal. Os valores de PT podem ser explicados pela redução do consumo de alimento, que é uma estratégia comportamental dos animais para lidar com aumento de temperatura, evitando incremento de calor gerado pelo processo de digestão.

A albumina, Segundo Cardoso (2021), pode variar por vários fatores como a adaptação fisiológica e genética. Neste estudo, a ALB apresentou-se levemente abaixo dos valores de referência aos 28° C e 36 °C (KANEKO, 2008). As proteínas sanguíneas são sintetizadas principalmente pelo fígado, sendo que a taxa de síntese está diretamente relacionada ao estado nutricional do animal, portanto, animais que sofreram algum tipo de estresse que ocasionou restrição alimentar, apresentam queda no perfil proteico (LIBARDI et al., 2018).

A CRE esteve levemente abaixo do intervalo (0,4 – 1,7 mg dL⁻¹) descrito por (SILVA et al., 2020), mas de acordo com Kaneko et al (2008), as médias encontradas variando entre 0,30 a 0,42 mg dL⁻¹ estão abaixo do normal para ovinos que é entre 1,2 a 1,9 mg dL⁻¹ (Kaneko et al., 2008). A creatinina é excretada unicamente por via renal, portanto sua concentração plasmática reflete a taxa de filtração glomerular. Altos níveis deste metabolito podem indicar deficiência na função renal (VARANIS, 2018; SATAKE et al., 2018).

De modo geral, a ureia é um indicador sensível e imediato da ingestão de proteína, enquanto a albumina é indicadora a longo prazo do estado proteico (GONZÁLEZ, 2018). Nesta pesquisa, os animais apresentaram níveis de URE dentro da faixa normal para espécie (KANEKO et al., 2008). O que representa a pouca influência das variações térmicas no metabolismo proteico dos grupos genéticos em estudo, associado a um consumo ideal da relação energia/proteína da dieta.

A concentração dos metabolitos sanguíneos sofre alterações por influência de vários fatores intrínsecos ao animal e ao ambiente, principalmente da dieta. A adaptação fisiológica do animal a um determinado ambiente térmico influencia diretamente no funcionamento das vias metabólicas, podendo alterar os níveis considerados normais. No entanto, essas variações não necessariamente significam alterações patológicas, ou disfunções metabólicas, devendo ser analisadas levando em consideração o ambiente no qual o animal se encontra (NETO et al., 2017; VARANIS, 2018; SILVA et al., 2020).

Além disso, percebe-se a ausência de valores de referência que sejam representativos da realidade ambiental do local de criação dos animais, principalmente na região Nordeste, que detém grande parte do rebanho ovino Brasileiro. Portanto, torna-se essencial a realização de novos estudos, que analisados junto aos já existentes, podem contribuir para determinação de valores de referência dos metabolitos sanguíneos para ovinos, principalmente considerando o clima semiárido e os animais nativos localmente adaptados.

4 CONCLUSÃO

A exposição aos diferentes ambientes térmicos influenciou os parâmetros fisiológicos, hormonais e bioquímicos dos ovinos estudados. No entanto, a elevação significativa da frequência respiratória e dos níveis de cortisol, associada à manutenção da temperatura retal dentro da faixa considerada normal para a espécie e aos baixos níveis de T3 e T4, indicou uma resposta termorregulatória eficiente de todos os genótipos avaliados.

Todos os grupos genéticos foram capazes de manter a homeotermia por meio de ajustes fisiológicos, mesmo sob condições de estresse térmico. Esses resultados evidenciam a equivalência adaptativa entre ovinos do grupo genético Soinga, da raça Morada Nova, da raça Santa Inês e dos animais sem raça definida (SRD), demonstrando elevada tolerância ao calor e potencial para utilização em sistemas de produção localizados em regiões de clima quente e semiárido.

Além disso, os resultados obtidos reforçam a importância dos recursos genéticos ovinos adaptados às condições tropicais, especialmente diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas globais, destacando o grupo genético Soinga como uma alternativa promissora para sistemas produtivos sustentáveis em ambientes semiáridos.

REFERÊNCIAS

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010.
- BERIHULAY, H.; ABIED, A.; XIAOHON, H.; JIANG, L.; YUEHUI, M. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. **Animals**, v. 9, n. 3, p. 75, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9030075>
- BORGES, L. S.; ROCHA, F. S. B. Correlação entre variáveis ambientais, índices bioclimáticos e parâmetros fisiológicos de caprinos. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 19, n. 4, p. 1-7, 2018.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.34325>
- CARDOSO, E. A.; FURTADO, D. A.; RIBEIRO, N. L.; et al. Biochemical and hormonal parameters of goats kept in a controlled environment consuming water with different levels of salinity. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 4, p. 853-860, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12186>
- CAVALCANTE, A. L. Soinga: Brasil conta com nova raça na criação de ovinos (ovelha e carneiro). **Animal Business Brasil**, 2018. Disponível em: <https://animalbusiness.com.br/colunas/ciencia-tecnologia/soinga-brasil-counta-com-nova-raca-na-criacao-de-ovinos-ovelha-e-carneiro/>. Acesso em: 16 mar. 2022.
- COSTA, W. P.; FAÇANHA, D. A. E.; LEITE, J. H. G. M.; et al. Thermoregulatory responses and blood parameters of locally adapted ewes under natural weather conditions of the Brazilian semiarid region. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 6, p. 4589-4600, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4589>
- COSTA, W. P.; PIMENTA FILHO, E. C.; GURGEL, J. H.; et al. Coat characteristics and physiological responses of locally adapted ewes in the semiarid region of Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1281-1294, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1281>
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
- DANTAS, N. L. B.; SOUZA, B. B.; SILVA, M. R.; et al. Effect of the environment and diet on the physiological variables of sheep in the Brazilian semi-arid region. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 971-980, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p971>

DAS, R.; SAILO, L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA, J.; IMTIWATI; KUMAR, R. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review. **Veterinary World**, v. 9, n. 3, p. 260-268, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>

ENGLER, D.; PHONGSAKUL, C.; LAMMERS, C.; et al. The hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the sheep: ACTH and cortisol responses. **Neuroendocrinology**, v. 49, p. 367-381, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1159/000125141>

EUSTÁQUIO FILHO, A.; TEODORO, S. M.; CHAVES, M. A.; et al. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1807-1814, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000800026>

FONSÊCA, V. F. C.; MAIA, A. S. C.; SARAIVA, E. P.; et al. Bio-thermal responses and heat balance of a hair coat sheep breed raised under an equatorial semi-arid environment. **Journal of Thermal Biology**, v. 84, p. 83-91, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.05.024>

FURTADO, D. A.; OLIVEIRA, F. M. M.; SOUSA, W. H.; MEDEIROS, G. R.; OLIVEIRA, M. E. C.; VEIGAS, R. R. Thermal comfort indexes and physiological parameters of Santa Inês and crossbreed ewes in the semi-arid. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 1, p. 72-77, 2017.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica metabólica e nutricional. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2002, Gramado, RS. Anais [...]. Gramado: [s.n.], 2002. p. 5-17.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 3. ed. rev. ampl. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017.

GONZÁLEZ, F. H. D. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2018.

GRESSLER, M. A. L.; SOUZA, M. I. L.; SOUZA, A. S.; et al. Respostas bioquímicas de ovelhas submetidas a flushing de curto prazo em região subtropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 210-222, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000100022>

HABEEB, A. A.; GAD, A. E.; ATTA, M. A. Temperature-humidity indices as indicators of heat stress under climatic conditions in relation to production and reproduction of farm animals. **International Journal of Biotechnology and Recent Advances**, v. 1, n. 1, p. 35-50, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18689/ijbr-1000107>

HELAL, A.; HASHEM, A. L. S.; ABDEL-FATTAH, M. S.; EL-SHAER, H. M. Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 7, n. 1, p. 60-69, 2010.

INDU, S.; SEJIAN, V.; NAQVI, S. M. K. Impact of simulated semiarid tropical environmental conditions on growth, physiological adaptability, blood metabolites and endocrine responses in Malpura ewes. **Animal Production Science**, v. 55, p. 766-776, 2015.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. 2021. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-new-climate-report-clarion-call-urgent-action>. Acesso em: 10 ago. 2022.

JOY, A.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J.; et al. Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: a review. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 867, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10050867>

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Bioquímica clínica de animais domésticos**. 6. ed. Londres: Academic Press, 2008.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2017.
LACETERA, N. Impact of climate change on animal health and welfare. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 26-31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>

LEITE, P. G.; FURTADO, D. A.; MARQUES, J. I.; SOBRINHO, T. G.; MATOS JUNIOR, J. J. L. Respostas fisiológicas como indicadores de estresse térmico e salino em ovinos da raça Morada Nova. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2016, Foz do Iguaçu, PR. Anais [...]. Foz do Iguaçu: CONTECC, 2016. p. 1-4.

LIBARDI, K. D. C.; COSTA, P. B.; OLIVEIRA, A. A. M. A.; et al. Perfil metabólico de cordeiros Santa Inês terminados em confinamento com manejo alimentar restritivo e ad libitum. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, p. 1-15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v19e-31227>

MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M. A. M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep: a review. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 1-12, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>

MEDEIROS, F. F.; NASCIMENTO, F. S.; MASCARENHAS, N. M. H.; et al. Soinga: uma nova raça para produzir no semiárido. In: ZUFFO, A. M. (org.). **As regiões semiáridas e suas especificidades 3**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 202-205.

MCDONALD, L. E.; PINEDA, M. H. **Veterinary endocrinology and reproduction**. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1989.

MCKINLEY, M.; et al. Interaction between thermoregulation and osmoregulation in domestic animals. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 9, p. 783-790, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000900011>

MCMANUS, C.; PALUDO, G. R.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L. C. B.; PAIVA, S. R. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p. 95-101, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9162-1>

MIRANDA, J. R.; FURTADO, D. A.; LOPES NETO, J. P.; SILVA, V. C.; RIBEIRO, N. L. Parâmetros fisiológicos e hormônio cortisol como indicadores de estresse térmico em caprinos submetidos à câmara climática. **Energia na Agricultura**, v. 33, p. 133-137, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n2p133-137>

MITCHELL, D.; SNELLING, E. P.; HETEM, R. S.; MALONEY, S. K.; FULLER, A. Revisiting concepts of thermal physiology: predicting responses of mammals to climate change. **Journal of Animal Ecology**, v. 87, p. 956-973, 2018.

MOTTA, F. S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: Edição do Autor, 2001.

NASCIMENTO, F. S. **Adaptabilidade de ovinos Soinga e Santa Inês em função da dieta e do ambiente térmico**. 2019. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.

NEJAD, J. G.; LOHAKARE, J. D.; SON, J. K.; KWON, E. G.; WEST, J. W.; SUNG, K. I. Wool cortisol is a better indicator of stress than blood cortisol in ewes exposed to heat stress and water restriction. **Animal**, v. 8, n. 1, p. 128-132, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731113001870>

NETO, J. G.; PEDREIRA, M. S.; SILVA, H. G. O.; et al. Tipos de ureia e fontes de carboidratos nas dietas de cordeiros: síntese de proteína microbiana e balanço de nitrogênio. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 9, p. 1-15, 2017.

PRAGA, P.; SEJIAN, V.; BAGATH, M.; et al. Comparative assessment of growth performance of three indigenous goat breeds exposed to summer heat stress. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, p. 825-836, 2018.

POLLI, V. A.; COSTA, P. T.; RESTLE, J.; BONADIMAN, R.; VAZ, R. Z. Estresse térmico e o desempenho produtivo de ovinos: uma revisão. **Medicina Veterinária**, v. 14, n. 1, p. 38-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v14n1-3712>

RASHAMOL, V. P.; et al. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 6, n. 3, p. 62-71, 2018.

RIBEIRO, N. L.; COSTA, R. G.; PIMENTA FILHO, E. C.; RIBEIRO, M. N.; CROVETTI, A.; SARAIVA, E. P.; BOZZI, R. Adaptive profile of Garfagnina goat breed assessed through physiological, haematological, biochemical and hormonal parameters. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 236-241, 2016.

RIBEIRO, N. L.; PIMENTA FILHO, E. C.; ARANDAS, J. K. G.; et al. Multivariate characterization of the adaptive profile in Brazilian and Italian goat populations. **Small Ruminant Research**, v. 123, p. 232-237, 2015.

RODRIGUES, O. G.; MARQUES, K. B.; SOUSA, B. B. Perfil mineral sérico de cordeiros submetidos a diferentes suplementações alimentares e a diferentes tipos de ambientes em pastejo no semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 4, p. 332-338, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v12i4.701>

SATAKE, F.; MALTA, K. C.; SILVA, S. L. Avaliação da transferência de imunidade passiva e de constituintes séricos de cordeiros Santa Inês ao nascimento. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 294-299, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-3968>

SEJIAN, V.; MAURYA, V. P.; NAQVI, S. M. K. Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) in a semi-arid tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 653-661, 2010.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1-2, p. 1-18, 2000.

SILVA, D. A. P.; VARANIS, L. F. M.; OLIVEIRA, K. A.; SOUSA, L. M.; SIQUEIRA, M. T. S.; MACEDO JÚNIOR, G. L. Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20404>

SILVA, M. S. C.; RODRIGUES, D. S.; TUERLINCKX, S.; SIQUEIRA, C. M. G. Perfil bioquímico de albumina e colesterol em vacas de invernar submetidas à suplementação. In: **SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, 10., Santana do Livramento, RS, 2019. Anais [...]. Santana do Livramento: UNIPAMPA, 2019.

SOUZA, B. B. Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos: índice de temperatura do globo negro e umidade registrado em pesquisas no Brasil. 2010. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br>. Acesso em: 5 ago. 2022.

TORRES, T. S.; SILVA, L. O.; BORGES, L. S.; et al. Behavioral and thermoregulatory characteristics of Dorper sheep. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 85-90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v5n3p85-90>

VARANIS, L. F. M. **Prospecção de metabólitos sanguíneos referenciais para ovinos em distintas categorias.** 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2018.787>