



**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 5

Parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais de ovinos de diferentes genótipos sob estresse térmico em câmara climática

Physiological Parameters and Surface Temperatures of Sheep from Different Genotypes under Thermal Stress 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; Fabiana
Terezinha Leal de Moraes¹; Luanna Figueiredo Batista¹; Juliana Paula Oliveira³; Bonifácio
Benicio de Souza^{1*}; Dermeval Araújo Furtado¹**

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

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

³ Universidade Federal de Sergipe (UFS), Sergipe, Brasil.

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

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v5.c05.2026>

RESUMO

Avaliou-se o efeito do ambiente térmico sobre os parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais de ovinos Soinga, Morada Nova, Santa Inês e sem padrão racial definido (SPRD) em câmara climática. Foram utilizados 24 ovinos machos não castrados, em baias contendo 8 animais em cada (2 de cada grupo genético), submetidos a 3 níveis de temperatura ambiente (TA = 28 °C,

32 °C e 36°C) por um período de 15 dias, 10 horas por dia, considerando os dados ambientais, parâmetros fisiológicos (TR, FR e HR) e temperaturas superficiais (TS) das regiões cervical (CE), torácica (TO), glútea (GL), globo ocular (GO) e membrana timpânica (TP) do turno da tarde dos 3 primeiros dias em cada ciclo de temperatura. As variações no TA afetaram os parâmetros fisiológicos. As médias de TS do globo ocular (GO) e timpânico (TP) apresentaram maior sensibilidade às variações do ambiente, sendo maiores ($P<0,05$) que as demais regiões corporais. Os 4 grupos foram igualmente tolerantes ao calor, conseguindo manter a homeotermia, mesmo em ambientes considerados de estresse severo. A correlação entre as TS das regiões GO e TP e a temperatura do núcleo central de ovinos precisa ser mais estudada, reafirmando a importância da termografia infravermelha (TRI) para diagnosticar situações de desconforto térmico em ovinos nativos, de forma prática e não invasiva.

Palavras-chave: Adaptabilidade; Estresse térmico; Ovinos nativos; Termografia infravermelha.

ABSTRACT

The effect of the thermal environment on the physiological parameters and surface temperatures of Soinga, Morada Nova, Santa Inês and mixed-breed sheep (SPRD) was evaluated in a climatic chamber. Twenty-four uncastrated male sheep were used in pens containing 8 animals each (2 from each genetic group), subjected to 3 levels of ambient temperature ($TA = 28\text{ °C}$, 32 °C and 36 °C) for a period of 15 days, 10 hours per day, considering the environmental data, physiological parameters (TR, FR and HR) and surface temperatures (TS) of the cervical (CE), thoracic (TO), gluteal (GL), eyeball (GO) and tympanic membrane (TP) regions in the afternoon shift of the first 3 days in each temperature cycle. Variations in TA affected the physiological parameters. The mean TS of the ocular globe (OG) and tympanic (TP) showed greater sensitivity to environmental variations, being higher ($P<0.05$) than the other body regions. The 4 groups were equally tolerant to heat, managing to maintain homeothermy, even in environments considered to be of severe stress. The correlation between the TS of the OG and TP regions and the temperature of the central nucleus of sheep needs to be further studied, reaffirming the importance of infrared thermography (IRT) to diagnose situations of thermal discomfort in native sheep, in a practical and non-invasive way.

Keywords: Adaptability; Heat stress; Native sheep; Infrared thermography.

INTRODUÇÃO

É importante ressaltar que os efeitos do estresse térmico devido as mudanças no clima estão se tornando mais severos e frequentes (HABIBU et al., 2018, IPCC, 2021), tornando essencial o acompanhamento contínuo das mudanças no estado fisiológico e na capacidade adaptativa dos ovinos frente às alterações climáticas, principalmente em regiões tropicais semiáridas, devido as suas características climáticas e ambientais.

Embora sejam considerados animais adaptados, sabe-se que adversidades climáticas podem causar alterações nas variáveis fisiológicas de ovinos, muitas vezes além do que a espécie é capaz de tolerar em suas condições normais, gerando desconforto térmico, declínio do estado de bem-estar e produtividade. As respostas fisiológicas como a temperatura retal, superficial, frequência respiratória e cardíaca, podem sofrer influência da época do ano, turno do dia, temperatura ambiente, umidade relativa e radiação solar (FURTADO et al., 2017 e TORRES et al., 2017).

Diversos estudos têm demonstrado que um ambiente estressante pode gerar problemas respiratórios, hormonais, falta de apetite, aumento da incidência de doenças e diminuição da produção de carne (SOUSA JÚNIOR et al., 2008; FREITAS et al., 2017; FURTADO et al., 2020). Os avanços tecnológicos para a obtenção de indicativos biológicos de estresse por calor em ovinos ainda são um grande desafio, e precisam ser mais estudados e desenvolvidos.

A termografia infravermelha (TIV) tem sido empregada, por ser uma técnica não invasiva que evidencia a temperatura superficial em tempo real (ROBERTO et al., 2014; PULIDO-RODRÍGUEZ et al., 2017 e 2021; HOOPER et al., 2018; DANTAS, 2019). Essa técnica quando utilizada em câmaras climáticas (ambiente controlado), pode detectar com grande precisão, variações de temperatura de regiões corporais específicas, que podem ser correlacionadas com alterações fisiológicas que indiquem um estado de estresse térmico.

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do ambiente térmico sobre os parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais de ovinos Soinga, Morada Nova, Santa Inês e sem padrão racial definido (SPRD) em câmara climática.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento, animais e manejo

Os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pelo 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 (UFCG), 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.

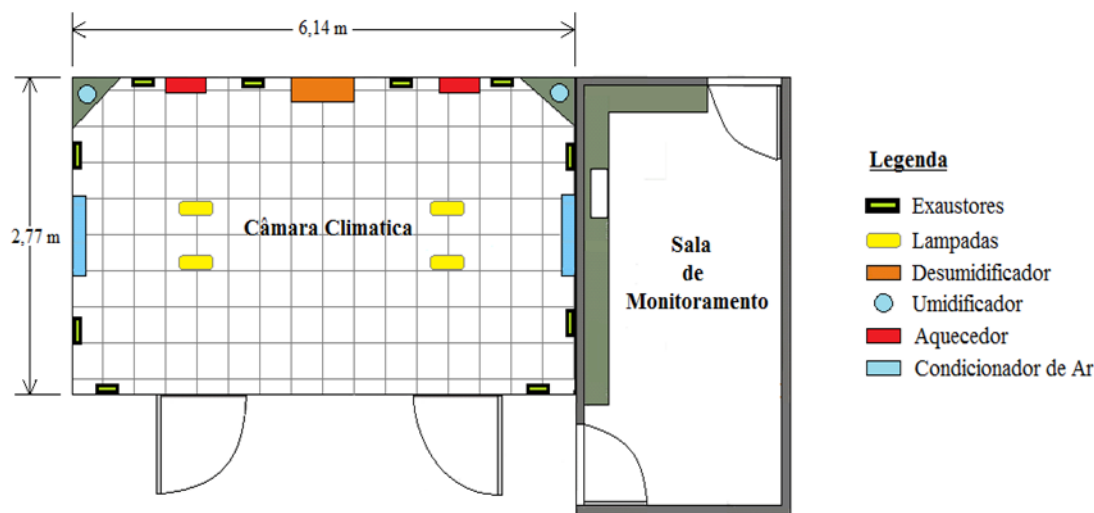


Figura 01: Layout interno da câmara climática e sala de monitoramento com a descrição dos respectivos equipamentos.

Foram utilizados 24 ovinos machos, das raças Soinga, Morada Nova, Santa Inês 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 de modo a permitir 20% de sobras, e quantificado pelo total fornecido menos as sobras no período de 24 horas. O consumo de água foi *ad libitum* e fornecido uma vez ao dia, em uma porção de 3 kg por animal/dia.

2.2 Desenho experimental e dados ambientais

Os animais foram mantidos em 3 baias coletivas com cerca de 4,00m² cada, distribuídos aleatoriamente 8 animais em cada baia, sendo 2 de cada grupo genético. 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.

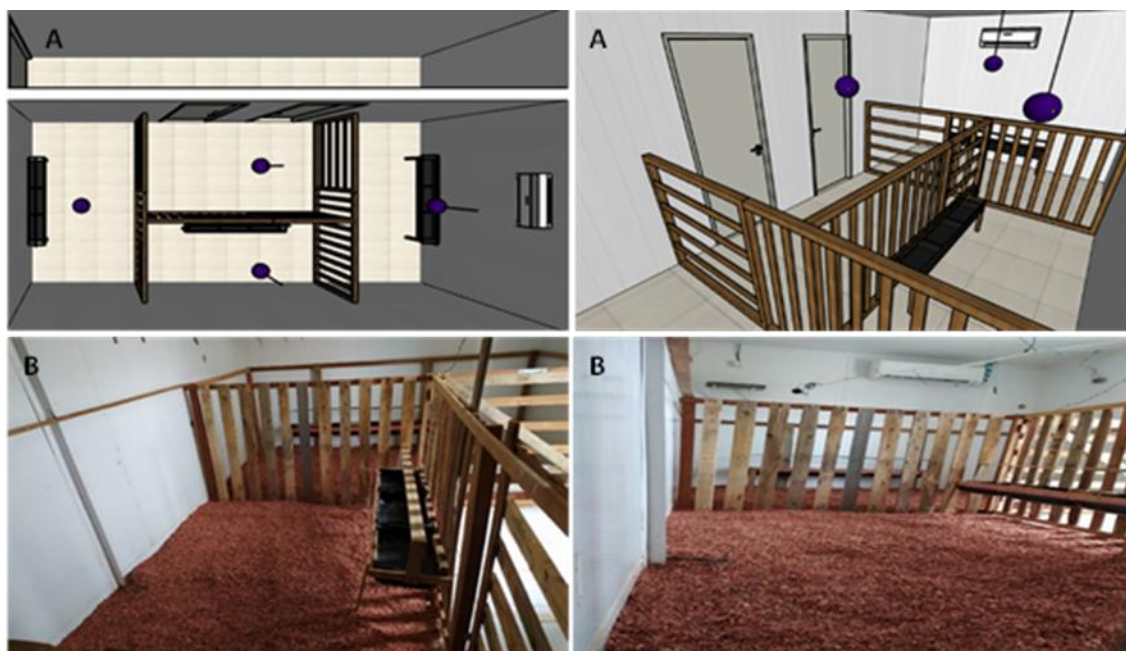


Figura 02: Representação esquemática das baias (A) e foto do interior da câmara climática após confecção das baias (B). (Fonte: arquivo pessoal, 2021).

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 %, e foi estabelecido um período de 15 dias consecutivos de exposição ao ambiente controlado da câmara climática. Desse total, foram consideradas para esta pesquisa as aferições dos parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais dos 3 dias iniciais de exposição a cada temperatura pré-estabelecida.

Os animais foram mantidos durante 10h de exposição contínua por dia em cada temperatura (das 7h00 às 17h00), 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.

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 considerados os horários das 7h00 às 17h00 horas, horário em que a câmara ficou fechada com a temperatura e umidade controladas (figura 5), e os horários remanescentes em que a câmara climática esteve de portas abertas e com o sistema de climatização desligado (figura 6).

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.



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

2.3 Variáveis fisiológicas

2.3.1 Temperatura retal, frequência respiratória e cardíaca

As variáveis fisiológicas foram mensuradas no turno da tarde em todos os animais do experimento, entre as 14h30min e 15h:30min, durante os três primeiros dias de cada fase experimental (28 °C, 32 °C e 36°C), sendo coletadas a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC). A obtenção da temperatura retal foi realizada com a introdução de um termômetro clínico veterinário, com escala até 44 °C, inserido 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 movimentos por minuto (mov min⁻¹). A frequência cardíaca foi quantificada com o auxílio de um estetoscópio na região da

terceira costela do animal, na região lateral do tórax, durante 1 minuto, obtendo-se assim a quantidade de batimentos por minuto (bat min^{-1}).

2.3.2 Temperaturas superficiais

As temperaturas superficiais (TS) foram obtidas por termografia infravermelha durante as coletas dos parâmetros fisiológicos (entre as 14h30 e 15:30h), quando os animais permaneceram imóveis, com pouca manipulação, utilizando uma câmera termográfica modelo Fluke® Ti55FT, com precisão de $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou 2% da temperatura real, sensibilidade térmica (NETD) $<50\text{ mK}$, resolução infravermelha de 320×240 pixels e tela de 5,7 polegadas (14,4 cm) com resolução de 320×240 pixels. Para aferição da temperatura timpânica (TP), foi usado um termômetro laser digital infravermelho (modelo HP 8580) com precisão de $1,5^{\circ}\text{C}$, apontando o laser diretamente na região intra-auricular dos ovinos.

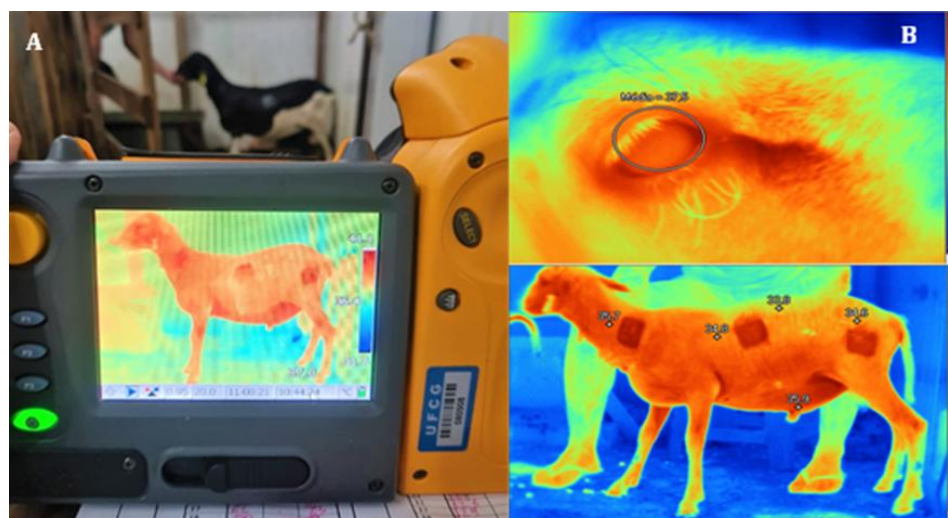


Figura 04: Termografia de infravermelho de ovinos em câmara climática (câmera termográfica modelo Fluke® Ti55FT) (A), termogramas do globo ocular (B) e das regiões cervical, torácica, dorsal, ventral e glútea analisados no Smartview versão 4.1 (C) (Fonte: arquivo pessoal, 2021).

Os termogramas foram analisados pelo *software* Smartview versão 4.1, obtendo-se a média em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) considerando-se a emissividade de 0,98. Foi feito um desenho circular delimitando a área do olho entre as bordas superior, média e inferior e a carúncula lacrimal para determinar a temperatura superficial na região do olho do animal (GO), registrando a temperatura máxima da região delimitada (figura 4) (HOFFMANN et al., 2013; PULIDO-RODRÍGUEZ et al.,

2017 e 2021; HOOOPER et al., 2018). As médias das temperaturas superficiais foram obtidas a partir de pontos de temperatura máxima (°C) das seguintes regiões: cervical (CE), torácica (TO), glútea (GL), globo ocular (GO) e timpânica (TP) (figura 4) obtidos em cada tratamento (28 °C, 32 °C e 36 °C).

2.4 Análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 4 x 3 x 8 (quatro grupos genéticos, três temperaturas ambientes e 8 pontos de temperaturas superficiais). Os dados dos parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais 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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis ambientais

Os resultados das variáveis ambientais expressos na figura 5, mostram que as temperaturas ambientes (TA °C) obtidas pelos dataloggers estiveram sempre de acordo com as pré-estabelecidas para o experimento. A umidade relativa (HR %) e a temperatura de globo negro (TGN) aumentaram de acordo com as condições de temperaturas crescentes.

Um valor de ITGU igual a 83 já pode ser considerado uma situação de estresse médio-alto para ovinos (SOUZA, 2010). Neste estudo, os índices de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) obtidos nas temperaturas 28°C, 32°C e 36°C foram de 77,87, 84,39 e 88,12 respectivamente (Figura 5), o que tornou o ambiente a partir da temperatura 32°C, mais propenso a causar uma situação de alto estresse por calor, capaz de causar alterações nos parâmetros fisiológicos dos animais em estudo. De acordo com Buffington et al (1981), para vacas leiteiras de alta produção, os 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 ovinos, a zona de conforto térmico (ZCT) recomendada encontra-se nas temperaturas entre 15 a 30 °C e umidade relativa do ar entre 50 a 70% (BAÊTA e SOUZA, 2010; EUSTÁQUIO FILHO et al., 2011), com velocidade do vento entre 1,3 e 1,9 m s⁻¹ (MCDOWELL, 1989). No presente estudo, os ovinos foram expostos até a temperatura de 36°C, com umidade relativa que ficou acima de 80% em todos os tratamentos, o que coloca os animais fora da ZCT preconizada pelos autores supracitados.

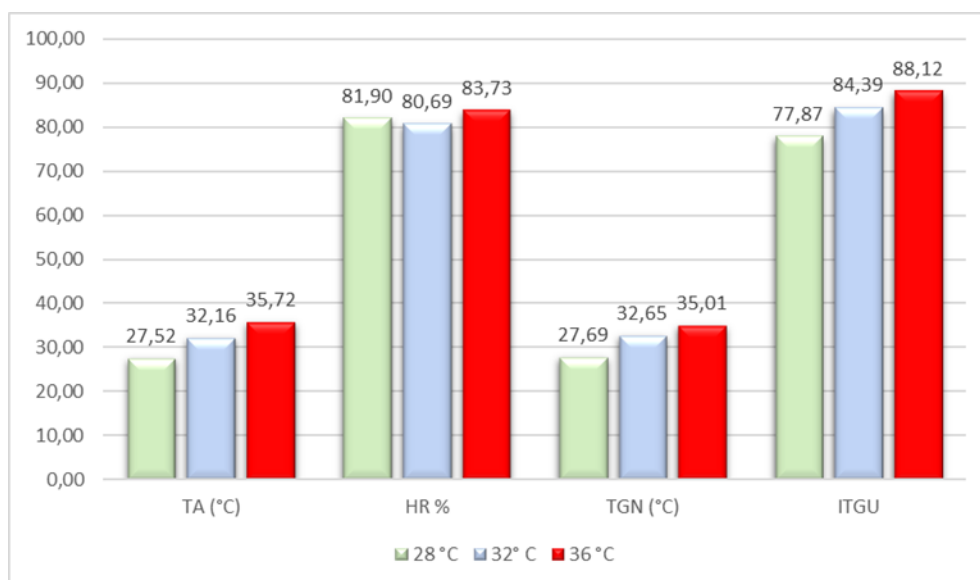


Figura 5. Médias dos dados meteorológicos: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) no interior da câmara climática, em função das temperaturas 28°C, 32°C e 36°C.

A temperatura do ar juntamente com a umidade relativa são as duas principais variáveis ambientais no que se diz respeito à zona de conforto térmico animal, isso porque em ambientes com temperaturas elevadas, o gradiente térmico entre a superfície do animal e o meio é diminuído, o que gera dificuldade para dissipação de calor na forma sensível (através da radiação, condução e convecção).

É importante destacar, que neste trabalho, a energia térmica absorvida, foi advinda das instalações, objetos e superfícies vizinhas aos animais, incluindo das trocas térmicas entre eles, visto que os mesmos estavam sob sistema intensivo de criação em baias coletivas em um ambiente fechado, sem exposição à radiação solar direta.

Se além da temperatura do ar, a umidade também estiver elevada, serão limitadas as perdas de calor, tanto na forma sensível (por meios não-evaporativos) como na forma insensível (por meios evaporativos, como a respiração e sudorese). Nesses casos, devido ao efeito da umidade, o animal elimina calor com dificuldade pela evaporação cutânea (sudorese) e, como compensação, eleva os movimentos respiratórios para o processo de termólise. A elevação da FR resulta em perda de calor porque o ar inspirado, ao entrar em contato com o trato respiratório, é umedecido; na expiração o ar está saturado de água, que passa do estado líquido para o estado de vapor (evaporação respiratória).

Os valores médios de ITGU na temperatura 28 °C (figura 5) e no momento em que a câmara climática esteve desligada (figura 6) estiveram entre 75 e 78, não indicando situação de estresse térmico para ovinos segundo Souza (2010). Os valores das variáveis ambientais do período em que a câmara climática ficou desligada e com as portas abertas estão descritos na figura 6, com valores médios evidenciando um ambiente incapaz de propiciar estresse térmico aos ovinos em estudo.

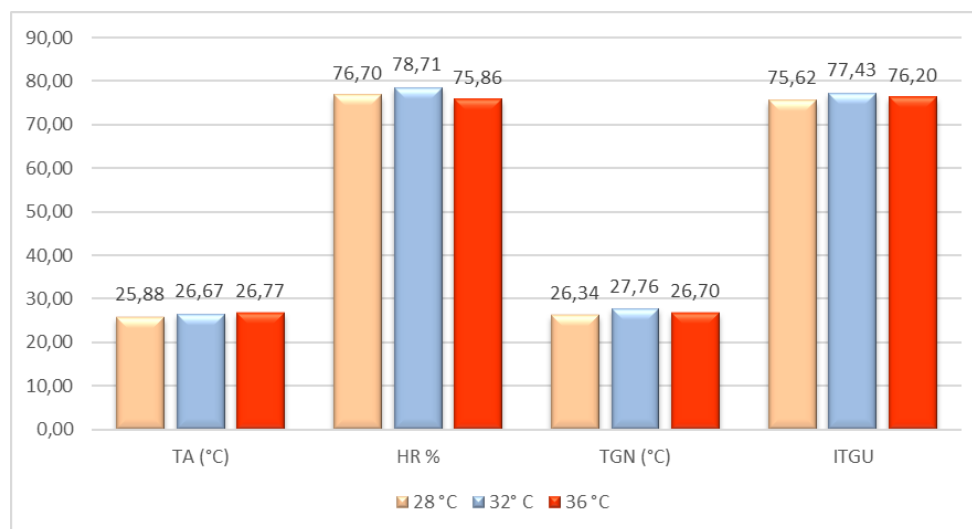


Figura 6. Médias dos dados meteorológicos: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) sem controle de temperatura, com climatizadores desligados e portas da câmara climática abertas.

É importante acrescentar que tais valores de referência para o ITGU não são específicos para a espécie ovina, sobretudo diversos autores adotam esses parâmetros, associados ou não a outros índices, como base para seus estudos em pequenos ruminantes (COSTA et al., 2015; PANTOJA et al., 2017; NOBRE et al., 2018; DANTAS et al., 2019).

3.2 Parâmetros fisiológicos

Observa-se na tabela 1, que houve efeito significativo ($P<0,05$) de tratamentos (28°C , 32°C e 36°C) sobre os parâmetros fisiológicos (TR, FR, e FC), representadas por elevações das médias proporcionalmente ao aumento da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) ao longo dos ciclos experimentais, exceto a FC que o maior valor foi visto aos 36°C , mas não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos 28°C e 32°C (Tabela 1).

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

Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)	Variáveis fisiológicas		
	TR ($^{\circ}\text{C}$)	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.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios dos parâmetros fisiológicos, temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC), obtidos considerando o conjunto dos dias de exposição às temperaturas de 28°C , 32°C e 36°C . Observou-se diferença estatística entre os grupos genéticos apenas para a FC, sendo verificado maior valor médio no grupo Soinga ($P<0,05$), enquanto os demais grupos não diferiram entre si ($P>0,05$) para esse parâmetro fisiológico. Para a TR e a FR, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos genéticos ($P>0,05$), indicando comportamento fisiológico semelhante frente às condições experimentais avaliadas.

O aumento da temperatura ambiente (TA) resultou em elevação da frequência cardíaca, principalmente durante a exposição à temperatura de 36°C (Tabela 2). Esse comportamento representa uma importante resposta fisiológica para auxiliar na manutenção da homeotermia, uma vez que o incremento da atividade cardíaca favorece o aumento do fluxo sanguíneo periférico. A vasodilatação periférica promove maior circulação de sangue nos tecidos superficiais, facilitando

a dissipação do calor para o ambiente e elevando a temperatura superficial corporal de forma proporcional ao aumento da TA (SOUZA et al., 2012; DANTAS et al., 2019).

Tabela 2 – Média geral dos parâmetros fisiológicos: temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC) de ovinos Soinga, Morada Nova, Santa Inês e SRD, em câmara climática, considerando todo o período experimental.

Parâmetros fisiológicos	Grupos genéticos				CV (%)
	Soinga	Morada Nova	Santa Inês	SRD	
TR (°C)	38,88 ± 0,32	38,74 ± 0,32	38,91 ± 0,24	38,92 ± 0,15	0,21
FR (mov min ⁻¹)	96,59 ± 14,48	89,63 ± 13,94	95,70 ± 20,89	93,11 ± 17,81	3,33
FC (bat min ⁻¹)	105,78 ± 7,49 A	90,66 ± 10,72 B	96,37 ± 6,52 B	90,74 ± 4,13 B	7,42

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

Dessa forma, ocorre a dissipação de calor por condução do núcleo central até as extremidades do animal e destas para o ambiente, pelo fluxo sanguíneo ser redirecionado para as áreas superficiais do corpo a fim de eliminar mais calor pelos mecanismos sensíveis (condução, convecção e radiação) e insensíveis (difusão da água da pele) (MARAI et al., 2007). Esse mecanismo justifica a elevação da TS dos ovinos vista neste estudo, que aumentou conforme as variações do ambiente térmico (Figura 7).

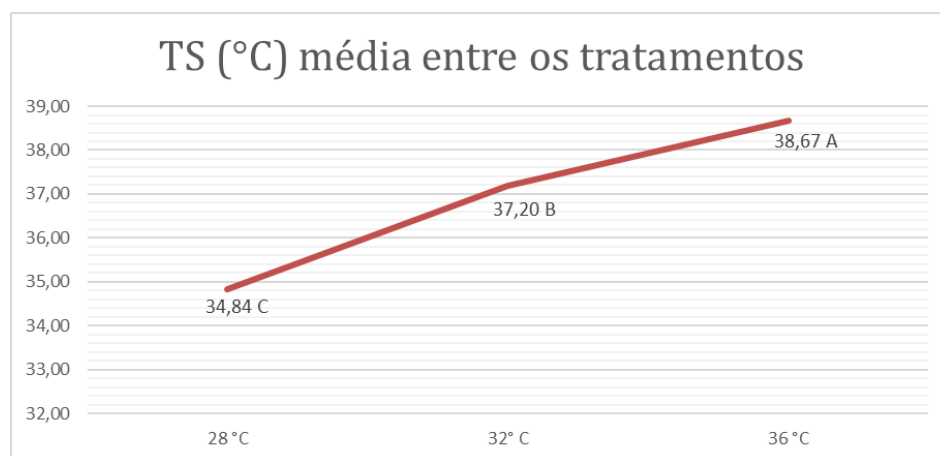


Figura 7. Média geral das temperaturas superficiais de ovinos de diferentes grupos genéticos em câmara climática em função das temperaturas 28 °C, 32 °C e 36 °C. Letras diferentes entre os rótulos de dados indicam diferença estatística (P<0,05) pelo Teste de Tukey.

A temperatura ambiental, além de outras variáveis fisiológicas, pode alterar o tônus vagal intensificando a atividade do centro cardioacelerador e vasoconstritor, elevando, portanto, a frequência cardíaca (TORRES et al., 2017). Neste sentido, sabe-se que FC pode ser usada como parâmetro de avaliação do estresse térmico em animais (KOLB, 1981), no caso de ovinos, considera-se a frequência cardíaca normal para espécie ovina, variando entre 70 a 80 bat.min⁻¹ (REECE, 1996).

Embora tenha diferido estatisticamente ($P < 0,05$) entre os grupos genéticos, e o Soinga demonstrado uma maior elevação da FC aos 36° C, pode-se considerar que nesse tratamento a elevação desse parâmetro foi comum a todos os grupos, que alteraram o fluxo sanguíneo em função da necessidade de dissipação de calor para o ambiente, reduzindo como consequência, o gradiente térmico entre a TS e a TA.

Para pequenos ruminantes o ideal é que haja um gradiente térmico em torno de 6°C entre a temperatura do central e a temperatura superficial, e desta com a temperatura do ambiente (MEDEIROS et al., 2015), gerando menos gasto energético para manter a temperatura central dentro do normal, onde as reações metabólicas e fisiológicas poderão ser realizadas sem prejuízos por aquecimento ou resfriamento (SEJIAN et al., 2019).

De acordo com Silanikove, (2000) frequências respiratórias de 40-60; 60-80 e 80-120 mov min⁻¹, caracterizam, respectivamente estresse baixo, médio-alto e alto e acima de 200 mov min⁻¹, caracteriza estresse severo em ovinos (SILANIKOVE, 2000). No estudo em questão, todos os ovinos apresentaram médias de FR representativas de estresse médio-alto e alto de acordo com o referido autor. O aumento da FR ocorreu devido ao aumento gradativo da temperatura do ar, resultando em uma diminuição do gradiente térmico entre o animal e o meio, ocorrendo uma menor eficiência na dissipação de calor pela forma sensível quando comparada a forma insensível (DANTAS et al., 2019).

Para a TR, observa-se que os valores médios dos grupos genéticos em estudo estiveram dentro da normalidade para a espécie em todos os tratamentos (tabela 1), a qual segundo Swenson e Reece (1996) o limite basal médio deve ser de 39,1°C e para Cunningham (1999), esta variável em ovinos varia entre 38,5 e 39,9 °C. Os valores de TR observados, denotam a eficiência dos grupos genéticos na dissipação de calor para o ambiente e na manutenção do equilíbrio térmico usando

outros mecanismos fisiológicos de adaptação, preservando a temperatura corporal (TR) dentro da normalidade, mesmo em ambiente térmico estressante (COSTA et al., 2015).

É importante citar, que a TR é uma das principais variáveis indicativas de adaptabilidade ao ambiente (TR), visto que animais que apresentam menor aumento na TR são considerados mais tolerantes ao calor (BACCARI Jr. et al., 1986). A temperatura que representa a do núcleo central dos animais representa uma boa medida de tolerância ao calor, e suas variações demonstram o resultado dos processos de perda e ganho de calor (HENRY et al., 2018).

Os ovinos são capazes de tolerar altas temperaturas, pois reduzem seu metabolismo, para evitar um aumento excessivo calor corporal durante o estresse térmico, diminuindo o risco de morte, porém, essa redução no metabolismo pode gerar consequências negativas, provocando queda na produção e produtividade dos animais (PULIDO-RODRIGUEZ et al., 2021). Por isso a importância da busca por genótipos resistentes que apresentem um desempenho economicamente viável e considerado “ótimo”, considerando a realidade climática do ambiente onde está inserido e o sistema de criação utilizado.

3.3 Temperaturas superficiais por regiões corporais

As variações do ambiente térmico afetaram as temperaturas da superfície corporal (Figura 7), e os valores médios das TS seguiram um padrão semelhante em todos os genótipos, apresentando efeito apenas de tratamentos ($P < 0,05$). Para as regiões corporais que foram obtidas as TS (Figura 8), houve diferença estatística ($< 0,05$) entre as TS das regiões durante o período experimental. A temperatura superficial do globo ocular (GO) e a timpânica (TP) demonstraram uma maior sensibilidade dessas regiões variações do ambiente térmico, o que pode indicar tanto uma maior absorvidade do calor no interior da câmara, como uma maior produção de calor gerado pelo aumento do fluxo sanguíneo dessas regiões, na tentativa de facilitar a dissipação de calor para o ambiente.

As temperaturas de superfície, quando obtidas por termografia infravermelha (TIV) são capazes de mostrar diferentes respostas ao ambiente dependendo do grupo genético e estão altamente correlacionadas com características fenotípicas ligadas à tolerância ao calor (Paim et al., 2013).

A TIV é um método não invasivo de sensoriamento remoto usado para medição de alterações na transferência de calor e fluxo sanguíneo, através da detecção de pequenas alterações na temperatura corporal (ROBERTO et al., 2014; STURION et al., 2020). Assim, quando os animais passam por uma situação de estresse por calor, como resposta a essa condição, promovem a estimulação simpática e o eixo hipotálamo-hipófise-adrenocortical são ativados, e o calor é produzido pelo aumento das concentrações de catecolaminas e cortisol (JOY et al., 2020).

Na tabela 3, observa-se diferenças significativas pela análise de variância ($P < 0,05$) entre as TS das regiões e entre os tratamentos (28°C , 32°C e 36°C). Houve um aumento progressivo das médias ao longo das exposições a cada temperatura, com exceção da TP que a média se elevou aos 32°C e diminuiu aos 36°C . Entre as TS avaliadas, nota-se que a superfície do globo ocular (GO) apresentou maior média já na temperatura inicial, aos 28°C . Na exposição aos 32°C a GO apresentou $37,91^{\circ}\text{C}$, ficando abaixo ($P < 0,05$) da TP que chegou aos $39,01^{\circ}\text{C}$. As médias geriais do período experimental não revelaram diferenças ($P > 0,05$) entre as TS das regiões: cervical, torácica, glútea, ventral e TS geral (Figura 8).

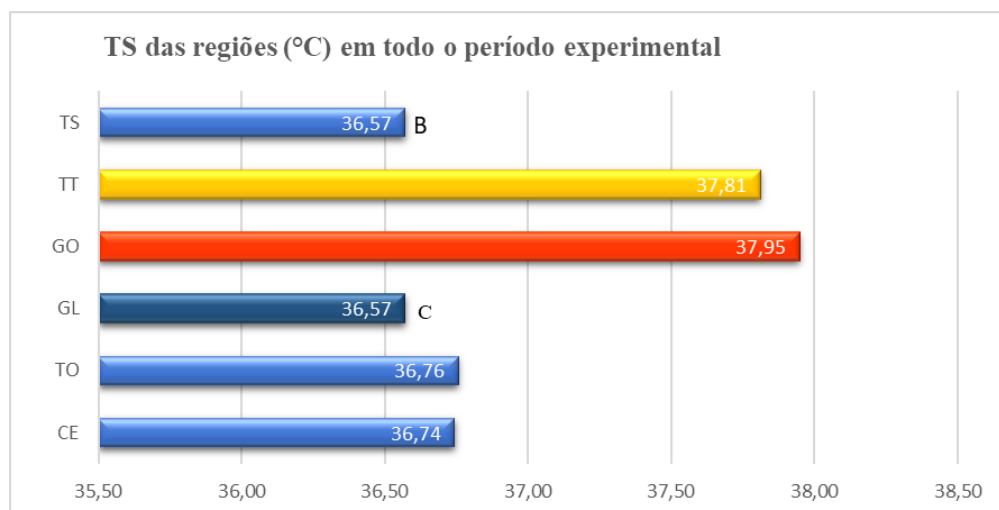


Figura 8. Médias das temperaturas superficiais por regiões corporais: cervical (CE), torácica (TO), glútea (GL), globo ocular (GO) timpânica (TP) e Superficial Geral (TS) de ovinos de diferentes grupos genéticos em câmara climática. Letras diferentes entre os rótulos de dados indicam diferença estatística ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Na medida em que ocorreram as variações dos ambientes, o gradiente térmico entre a superfície corporal dos animais e o ambiente foi diminuindo, e isso ocasionou alterações nos parâmetros fisiológicos (tabela 1) devido à dificuldade de perda de calor por convecção, condução

e radiação. Essa condição estressante promove a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, aumento dos níveis de cortisol e alterações do fluxo sanguíneo que geram o calor detectado pela TIV.

Embora a média da GO nesse trabalho tenha sido a mais elevada quando considerado todo o período experimental (Figura 8), essa região não diferiu das outras ($P < 0,05$) após exposição à temperatura mais elevada (36°C), demonstrando elevação uniforme das TS das regiões corporais nesse tratamento. Sabe-se que a elevação da temperatura do globo ocular pode ser mediada por um componente simpático do sistema nervoso autônomo, atividade relacionada a uma das primeiras fases da resposta ao estresse (STEWART et al., 2010).

Devido sua posição anatômica, o olho e a parte de atrás das orelhas são pontos considerados confiáveis para medição de temperatura da superfície corporal por meio da termografia infravermelho. No estudo de Pulido-Rodriguez et al (2021), foi observado correlação entre as temperaturas retal e ocular, possibilitando o uso da TIV como uma metodologia não invasiva para detectar alterações na temperatura central dos animais. Assim, a temperatura superficial da região ocular e timpânica podem estar associadas à temperatura do núcleo corporal por sua proximidade ao cérebro, supondo que essas regiões são mais sensíveis às variações ambientais do que outras regiões corporais.

4 CONCLUSÃO

Os 4 grupos genéticos apresentaram tolerâncias ao calor semelhantes, evidenciadas pela eficiência em dissipar calor por meio do aumento dos batimentos cardíacos e movimentos respiratórios, mantendo a TR normal para espécie, mesmo em ambiente de estresse alarmante.

Os Soinga apresentaram maior elevação dos batimentos cardíacos como meio de compensação adaptativa. Mesmo assim, as elevações da FC, FR e TS foram meios de dissipação de calor comuns a todos os grupos conforme alterava-se o ambiente térmico.

As temperaturas superficiais do globo ocular e timpânica apresentaram maior sensibilidade às variações de temperatura. Entretanto, mais pesquisas são necessárias sobre a relação entre a TS dessas regiões e a temperatura do núcleo central, bem como outras alterações fisiológicas de ovinos nativos, que podem ser identificadas através da TIV.

REFERÊNCIAS

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.
- BACCARI JUNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, O. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande. Anais [...]. Campo Grande: SBZ, 1986. p. 316.
- 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, p. 711-714, 1981.
- COSTA, W. P. et al. Thermoregulatory responses and blood parameters of locally adapted ewes under natural weather conditions of Brazilian semiarid region. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 4589-4600, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4589.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 454 p.
- DANTAS, N. L. B. et al. Estudos da coloração do pelame em relação às respostas produtivas de ovinos mestiços sob estresse calórico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 397-407, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200014>.
- DANTAS, N. L. B. 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, p. 971-980, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p971>.
- EUSTÁQUIO FILHO, A. et al. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1807-1814, 2011. DOI: 10.1590/S1516-35982011000800026.
- FREITAS, A. C. B.; QUIRINO, C. R.; BASTOS, R. Bem-estar de ovinos: revisão. **Pubvet**, v. 11, p. 18-29, 2017.
- FURTADO, D. A. et al. Adaptability of sheep to three salinity levels in different environments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 283-292, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p283>.
- FURTADO, D. A. et al. 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. 2, p. 72-77, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v5n2p72-77>.

HABIBU, B. et al. Haematological changes and plasma fluid dynamics in livestock during thermal stress, and response to mitigative measures. **Livestock Science**, v. 214, p. 189-201, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.05.023>.

HENRY, B. K.; ECKARD, R. J.; BEAUCHEMIN, K. A. Review: adaptation of ruminant livestock production systems to climate change. **Animal**, v. 12, p. 445-456, 2018. DOI: 10.1017/S1751731118001301.

HOFFMANN, G. et al. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. **Veterinary Research Communications**, v. 37, n. 2, p. 91-99, 2013. DOI: 10.1007/s11259-012-9549-3.

HOOPER, H. B.; DOS SANTOS SILVA, P.; DE OLIVEIRA, S. A.; MERIGHE, G. K. F.; NEGRÃO, J. A. Estresse agudo por calor induz alterações nas respostas fisiológicas e celulares em caprinos Saanen. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 2257-2265, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1614-0>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal 2020**: crescimento de todas as atividades englobadas na pesquisa em relação a 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf. Acesso em: 20 ago. 2022.

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

KOLB, E. Coração e circulação. In: GÜNTLER, H.; KETZ, H. A.; KOLB, E.; SCHRÖDER, H.; SEIDEL, H. **Fisiologia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1980. p. 263-294.

MCDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. 1. ed. São Paulo: Ícone, 1989. 183 p.

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, L. F. D. et al. Reações fisiológicas de cabras em diferentes ambientes e coeficiente de tolerância ao calor em cabritos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 37, p. 286-296, 2015.

NOBRE, I. S. et al. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1683-1694, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683>.

PAIM, T. P. et al. Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. **International Journal of Biometeorology**, v. 57, n. 1, p. 59-66, 2013.

PANTOJA, M. H. D. A. et al. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, p. 302-310, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.09.002>.

PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F. et al. Effect of solar radiation on thermoregulatory responses of Santa Inês sheep and their crosses with wool and hair Dorper sheep. **Small Ruminant Research**, v. 202, p. 106470, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106470>.

PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F. et al. Termografia infravermelha da superfície ocular como indicador de estresse em suínos na fase de creche. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 453-458, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000500005>.

REECE, W. O. Respiração nos mamíferos. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 199-205.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; DELFINO, L. J. B.; MARQUES, B. B. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 11-19, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v02n01a03>.

SANTOS, M. L. P. et al. Physiological responses of Santa Inês × Dorper ewes and lambs to thermal environment of silvopasture and open pasture systems. **Small Ruminant Research**, v. 205, p. 106565, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106565>.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

SEJIAN, V. et al. Genes for resilience to heat stress in small ruminants: a review. **Small Ruminant Research**, v. 173, p. 42-53, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.009>.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 2, p. 1-18, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7).

SOUSA JUNIOR, S. C. et al. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semiárida. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, p. 127-137, 2008.

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

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L.; SILVA, J. O.; ZOTTI, C. A.; FERREIRA, E. M. Avaliação da temperatura timpânica para estudos bioclimáticos em ovinos deslanados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, p. 62-66, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v8i3.189>.

STEWART, M.; VERKERK, G. A.; STAFFORD, K. J.; SCHAEFER, A. L.; WEBSTER, J. R. Noninvasive assessment of autonomic activity for evaluation of pain in calves, using surgical castration as a model. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3602-3609, 2010.

STURION, M. A. T.; FOGAÇA, J. L.; VETTORATO, M. C.; MACHADO, V. M. V. Termografia infravermelha em medicina veterinária: histórico, princípios básicos e aplicações. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-20, 2020.

TORRES, T. S. et al. Behavioral and thermoregulatory characteristics of Dorper sheep. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 85-90, 2017.