



**BIOCLIMATOLOGIA E BEM-ESTAR
ANIMAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**
Coletânea Científica – Artigos Completos –
Volume 4 – 2026

Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA)

ISBN 978-65-01-94881-2 | Acesso Aberto

CAPÍTULO 1

Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de ovinos nativos em ambiente controlado

Thermal comfort indices and physiological responses of native sheep in controlled environment

José Antônio Pires da Costa Silva¹; Maycon Rodrigues da Silva¹; Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Dermeval Araújo Furtado¹; Nágela Maria Henrique Mascarenhas¹; Talícia Maria Alves Benício²; Ariadne de Barros Carvalho¹; Danilo Leite Fernandes³; Rosangela Maria Nunes da Silva¹

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

² Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Brasil.

³ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c01>

RESUMO

Objetivou-se avaliar e comparar a adaptabilidade dos grupos genéticos Soinga, Morada Nova, Santa Inês e Sem Raça Definida (SRD), submetidos a três temperaturas controladas em câmara climática. Foram utilizados 24 ovinos machos, não castrados, sendo seis de cada grupo genético, com idade média de cinco meses e peso médio de 25 kg. O delineamento experimental adotado foi

inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×4 , composto por três temperaturas (24, 28 e 32 °C) e quatro grupos genéticos (Santa Inês, Morada Nova, Soinga e SRD), com seis repetições, repetido no tempo. Os animais foram submetidos a cada condição térmica por 15 dias consecutivos, sendo 12 dias destinados à adaptação e três dias para coleta de dados. Entre os tratamentos, foi estabelecido um período de cinco dias ao ar livre, visando eliminar efeitos residuais. As variáveis ambientais avaliadas foram o Índice de Temperatura de Globo Negro (ITGN), o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), a umidade relativa do ar (UR) e a temperatura ambiente (TA). Para a avaliação das respostas fisiológicas, foram mensuradas a temperatura retal (TR), a temperatura superficial (TS) e a frequência respiratória (FR). Os valores de ITGU nas temperaturas de 24 °C e 28 °C indicaram condições de conforto térmico (72,81) e estresse leve (75,62), respectivamente, enquanto na temperatura de 32 °C observou-se condição de elevado estresse térmico (84,05). A umidade relativa no tratamento de 32 °C (85,53%) apresentou-se acima da zona de conforto térmico. As maiores médias de temperatura superficial foram registradas no tratamento de 32 °C. Em relação aos parâmetros fisiológicos, verificou-se efeito significativo da temperatura sobre a TR, enquanto FR e TS não apresentaram diferenças significativas. De modo geral, os grupos genéticos avaliados, apesar de apresentarem discreta elevação nos parâmetros fisiológicos, mantiveram-se dentro dos valores de referência para a espécie, indicando adequada adaptação fisiológica às condições impostas.

Palavras-chave: adaptabilidade; ambiência; ovinos nativos; câmara climática.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate and compare the adaptability of the genetic groups Soinga, Morada Nova, Santa Inês, and non-defined breed sheep, subjected to three controlled temperatures in a climatic chamber. A total of 24 intact male sheep were used, six from each genetic group, with an average age of five months and an average body weight of 25 kg. The experimental design was completely randomized in a 3×4 factorial arrangement, consisting of three temperatures (24, 28, and 32 °C) and four genetic groups (Santa Inês, Morada Nova, Soinga, and non-defined breed sheep), with six replicates, repeated over time. The animals were exposed to each thermal condition for 15 consecutive days, including 12 days for adaptation and three days for data collection.

Between treatments, a five-day period under outdoor conditions was adopted to eliminate residual effects. The environmental variables evaluated were the Black Globe Temperature Index (BGTI), the Black Globe Humidity Index (BGHI), relative humidity (RH), and ambient temperature (AT). For the assessment of physiological responses, rectal temperature (RT), surface temperature (ST), and respiratory rate (RR) were measured. The BGHI values at 24 °C and 28 °C indicated thermal comfort (72.81) and mild heat stress (75.62), respectively, whereas at 32 °C, a condition of severe heat stress was observed (84.05). Relative humidity at 32 °C (85.53%) was above the thermal comfort zone. The highest mean surface temperatures were recorded at 32 °C. Regarding physiological parameters, a significant effect of temperature was observed for RT, while RR and ST showed no significant differences. Overall, the evaluated genetic groups, despite showing slight increases in physiological parameters, remained within the reference values for the species, indicating adequate physiological adaptation to the imposed conditions.

Keywords: adaptability; environmental conditions; native sheep; climatic chamber.

INTRODUÇÃO

A criação de pequenos ruminantes é amplamente difundida em diversas regiões do Brasil, sendo particularmente expressiva no semiárido, em função de sua importância produtiva e da elevada capacidade adaptativa dessas espécies. Ao longo de um processo contínuo de seleção natural, esses animais desenvolveram características fisiológicas e morfológicas que garantem sua sobrevivência em ambientes com condições adversas, especialmente de natureza climática.

No Brasil, entre os grupos genéticos de ovinos mais adaptados a essas condições, tanto em sistemas de pastejo quanto de confinamento, destacam-se Santa Inês, Morada Nova, Soinga e os animais sem raça definida (SRD) (SILVA et al., 2016).

A frequência respiratória, a temperatura retal e a temperatura superficial destacam-se como importantes parâmetros para avaliação da adaptabilidade dos animais ao ambiente, por estarem diretamente relacionadas aos mecanismos de troca de calor entre o organismo e o meio. Esses parâmetros são amplamente utilizados como indicadores da tolerância ao estresse térmico, uma vez que tendem a aumentar com a elevação da temperatura ambiente (BIANCA; KUNZ, 1978; QUESADA et al., 2001; NEIVA et al., 2004; BEZERRA et al., 2011; MCMANUS et al., 2011).

Os ovinos são animais homeotérmicos, capazes de serem criados em diferentes ambientes, devido à sua relativa capacidade de adaptação a distintos climas (McMANUS et al., 2016a). Entretanto, a habilidade de um animal em lidar com condições ambientais adversas depende de diversos fatores, como espécie, grupo genético, estágio de desenvolvimento, sistema de manejo e nível de produção (DAS et al., 2016).

Como resposta ao estresse térmico, esses animais apresentam alterações nos mecanismos termorreguladores, visando manter o equilíbrio térmico corporal. Nesse contexto, a evaporação respiratória constitui o principal mecanismo de dissipação de calor, contribuindo para a manutenção da homeotermia (MARAI et al., 2007; DA SILVA et al., 2017).

Entre os fatores climáticos que mais influenciam a produção animal, destacam-se a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do vento, especialmente em regiões tropicais (SEJIAN et al., 2018). Nessas condições, o estresse térmico representa um dos principais desafios para a produção de ovinos (EL-TARABANY; ATTA, 2017), tornando fundamental o desenvolvimento de estratégias de manejo que minimizem o impacto ambiental e reduzam o gasto energético associado à manutenção da homeotermia (McMANUS et al., 2016a).

A avaliação da adaptabilidade dos animais ao ambiente em que estão inseridos permite identificar indivíduos com maior capacidade de tolerância às condições adversas, contribuindo para a conservação e utilização sustentável dos recursos genéticos nas regiões semiáridas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar e comparar a capacidade adaptativa dos grupos genéticos Santa Inês, Morada Nova, Soinga e SRD, submetidos a três diferentes temperaturas controladas em câmara climática.

Nesse contexto, compreender as respostas fisiológicas de diferentes grupos genéticos sob condições térmicas controladas torna-se essencial para o avanço de estratégias de manejo e seleção voltadas à produção sustentável no semiárido brasileiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em câmara climática (Figura 1), no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LACRA) da Universidade Federal de Campina Grande,

localizado no município de Campina Grande-PB. A câmara climática utilizada possui 6,14m de comprimento, por 2,77 m de largura, com área construída de 17,00 m², confeccionada em chapas de aço laminado com proteção anticorrosiva e preenchimento em isopor, permitindo o isolamento térmico com o ambiente externo.

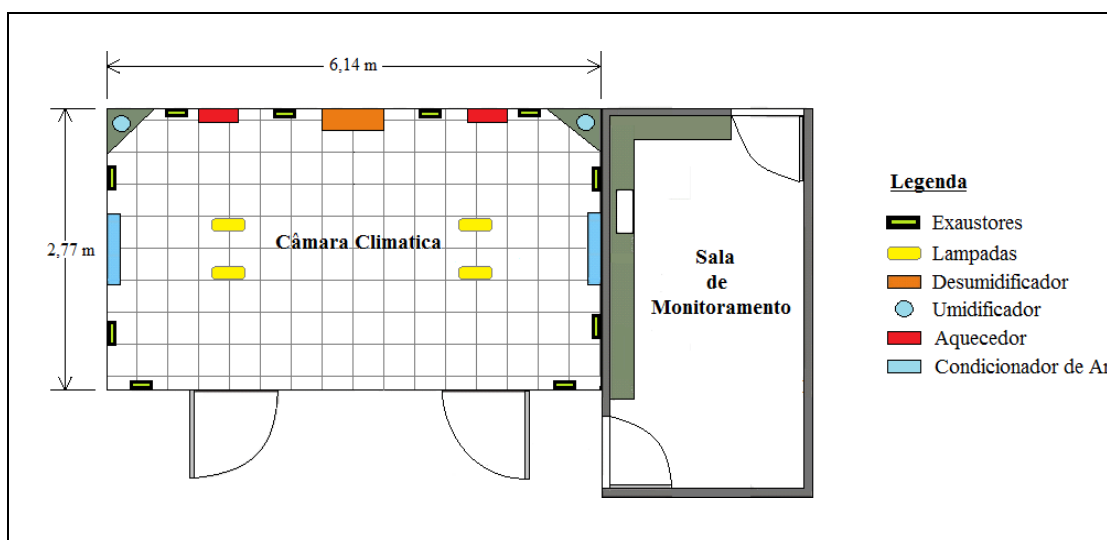


Figura 1: Layout interno da câmara climática e sala de monitoramento com respectivos equipamentos.

Fonte: Arquivo do autor principal, 2021.

2.2 Animais e manejo

Foram utilizados 24 ovinos machos, das raças Santa Inês, Morada Nova, do grupo genético Soinga e sem raça definida (SRD), seis de cada raça/grupo genético com idade média de cinco meses e peso médio de 25 kg e, todos os animais foram vermifugados no início do experimento.

Os animais foram mantidos em baias coletivas no interior da câmara climática (Figuras 2 e 3), em grupos de oito animais por baia, composta com dois de cada raça. O piso da câmara climática foi forrada com uma camada de 10 cm de maravalha de madeira, para que esta pudesse absorver parte das fezes e urina dos animais, com troca a cada semana. O arrastamento dos animais foi realizado duas vezes ao dia, às 8:00h e às 16:00h, 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.

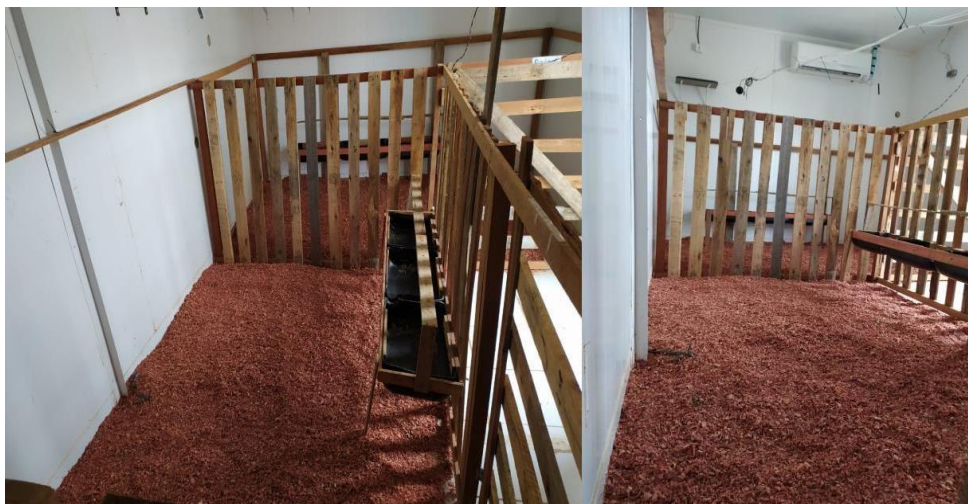


Figura 2 – Bairas na câmara climática.

Fonte: Arquivo do autor principal, 2021.

A alimentação foi composta de 60% de alimento fibroso, na forma de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) e 40% de ração concentrada balanceada, composta de farelo de soja, milho triturado, farelo de trigo, calcário calcítico e sal mineral, todos os animais receberam a mesma dieta.

A água foi fornecida uma vez ao dia, na proporção de 3 kg por animal, sendo o consumo quantificado por meio da diferença entre a quantidade total ofertada e as sobras, determinadas por pesagem ao final de 24 horas.

Para garantir maior precisão nas mensurações, tanto a água fornecida quanto as sobras foram pesadas em balança de precisão devidamente calibrada, permitindo a obtenção de dados confiáveis acerca do consumo hídrico diário dos animais. Esse procedimento foi mantido ao longo de todo o período experimental, possibilitando o acompanhamento das variações no consumo de água em função das condições ambientais impostas. Ressalta-se que os recipientes utilizados para o fornecimento de água foram higienizados diariamente, com o objetivo de evitar contaminações

e assegurar a qualidade da água disponibilizada aos animais, fator que pode influenciar diretamente o consumo voluntário.



Figura 3 – Ovinos nas baias.

Fonte: Arquivo do autor principal, 2021.

2.3 Variáveis ambientais

Os animais foram expostos por 12 horas de exposição contínua durante 15 dias consecutivos em cada temperatura de 24°C, 28°C e 32°C e alternando com 12h de temperatura de conforto, previamente preconizada em 25°C. Onde, os 12 primeiros dias foram de adaptação e os 03 últimos dias de coleta de dados. Entre cada tratamento, os animais ficaram em temperatura ambiente por cinco dias para eliminar o efeito residual, totalizando 20 dias em cada tratamento.

Durante o período experimental, foram monitoradas no interior da câmara, a temperatura e umidade relativa do ar e a temperatura do globo negro, coletadas e registradas a cada 30 minutos, ao longo das 24 horas por sensores acoplados a um sistema de aquisição de dados (SITRAD). As informações foram enviadas para o software de monitoramento da câmara (Figura 4 e 5).



Figura 4 – Ovinos nas baias.

Fonte: Arquivo do autor principal, 2021.

Os dados ambientais foram registrados, simultaneamente, por meio de um datalogger tipo HOBO, com cabo externo acoplado ao globo negro, instalados no local do experimento, a uma altura semelhante à dos animais, o datalogger foi programado, através de seu software, para registrar os dados a cada 30 minutos, durante 24 horas de todos os dias de experimento.

Os valores dos índices de conforto térmicos foram determinados a partir dos dados coletados, no período de 6 às 18h com intervalo 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:

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo + 41,5$$

Onde:

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

Tpo: Temperatura do ponto de orvalho, °C.



Figura 5 – Ovinos nas baias.

Fonte: Arquivo do autor principal, 2021.

Para o cálculo do Índice de temperatura e umidade (ITU), foi utilizada a seguinte expressão a partir do modelo imposto por Thom (1959):

$$ITU = (0,8 \times Ta + (UR/100) \times (Ta - 14,4) + 46,4)$$

Onde:

ITU: índices de temperatura e umidade,

Ta: temperatura do ar, °C

UR: umidade relativa do ar, %.

2.4 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas foram medidas no turno matutino entre 9:00h e 9:30h, e no turno vespertino 15:00h e 15:30h, durante os últimos 03 dias de cada fase experimental, sendo coletadas 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 do animal, a uma profundidade de 05 cm, permanecendo por um período de 02 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 30 segundos, este valor foi então multiplicado por 2, obtendo-se assim a quantidade de movimentos por minuto.

A temperatura superficial (TS) de cada animal foi obtida através de uma câmera termográfica de infravermelho (Fluke Ti 25) com calibração automática, a 1 m de distância dos animais, imóveis, sem qualquer restrição e com pouca manipulação, evitando causar possível estresse nos mesmos.

Posteriormente os termogramas foram analisados pelo *software Smartview* versão 4.1, através do qual foram obtidas temperaturas médias de três regiões abrangendo a maior parte do corpo do animal (incluindo pescoço, costado e glúteo, para obtenção da média da temperatura superficial, considerando-se a emissividade de 0,98. Com a média das temperaturas superficiais foram calculados os gradientes térmicos: TR-TS e TS-TA.

2.5 Análises estatísticas

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 4, sendo 3 temperaturas (24, 28 e 32 °C) e 4 grupos raciais (Santa Inês, Morada Nova, Soinga e SRD) com 6 repetições, repetido no tempo.

O programa utilizado foi Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1993), sendo aplicado o Teste Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias registradas para as variáveis ambientais — temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), temperatura do globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) — estão apresentadas na Tabela 1. Esses parâmetros são fundamentais para a caracterização do ambiente térmico ao qual os animais foram submetidos, uma vez que refletem, de forma integrada, as condições de calor e umidade que influenciam diretamente o conforto térmico e as respostas fisiológicas dos ovinos.

A análise conjunta dessas variáveis permite uma melhor compreensão das condições ambientais impostas durante o experimento, possibilitando a identificação de situações de conforto ou estresse térmico. Nesse contexto, o ITGU se destaca como um dos principais indicadores utilizados na avaliação do ambiente térmico, pois incorpora os efeitos da temperatura e da umidade relativa do ar, fornecendo uma estimativa mais precisa do grau de estresse térmico ao qual os animais estão expostos.

TABELA 1 – Média das variáveis ambientais obtidas durante o experimento nos diferentes tratamentos.

Tratamentos em Temperaturas	Parâmetros e índice			
	TA (°C)	UR%	TGN (°C)	ITGU
24 °C	23,91	72,48	24,65	72,81
28 °C	28,35	76,71	26,57	75,62
32 °C	32,28	85,53	31,90	84,05

Baêta e Souza (1997) recomendam a faixa de temperatura entre 20 e 30 °C como zona de termoneutralidade para ovinos. Nesse contexto, os valores de temperatura ambiente (TA) observados nos tratamentos de 24 °C e 28 °C, apresentados na Tabela 2, encontram-se dentro da zona de conforto térmico indicada pelos autores. Por outro lado, o tratamento de 32 °C apresentou valores acima dessa faixa, caracterizando condição de maior desafio térmico para os animais.

De acordo com os mesmos autores, o limite crítico de tolerância ao calor para ovinos

é de aproximadamente 35 °C. Assim, embora a TA do tratamento de 32 °C esteja acima da zona de termoneutralidade, ainda se mantém abaixo do limite crítico de tolerância, indicando que os animais estavam expostos a uma condição de estresse térmico moderado, porém não extremo.

Segundo Silva et al. (2006), à medida que a temperatura ambiente se eleva, a capacidade de dissipação de calor sensível pelos animais diminui, em função da redução do gradiente térmico entre a superfície corporal e o ambiente, o que dificulta a perda de calor por condução, convecção e radiação.

A umidade relativa do ar (UR) observada nos tratamentos foi de 72,48%, 76,71% e 85,53%, respectivamente. De acordo com Baêta e Souza (1997), a faixa ideal de UR para ovinos situa-se entre 50 e 80%. Dessa forma, os tratamentos de 24 °C e 28 °C apresentaram valores dentro da faixa recomendada, enquanto o tratamento de 32 °C apresentou valores superiores ao limite de conforto térmico, contribuindo para intensificar o estresse térmico dos animais.

Segundo Souza (2010), ainda não há uma tabela específica consolidada com valores de referência do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para ovinos. No entanto, o autor destaca que valores em torno de 83 podem indicar condição de estresse térmico de intensidade média a alta para essa espécie.

De forma complementar, Oliveira et al. (2011) observaram que valores de ITGU superiores a 85, quando associados a parâmetros fisiológicos, como a frequência respiratória, indicam que os ovinos se encontram em situação de estresse térmico. Nesse sentido, considerando os valores obtidos no presente estudo, é possível inferir que os animais submetidos à temperatura de 32 °C estiveram expostos a condições de estresse térmico de moderada a elevada intensidade.

Corroborando esses achados, Cezar et al. (2004) relatam que, em condições de clima semiárido, valores de ITGU em torno de 82,4 já caracterizam situação de perigo térmico para ovinos das raças Santa Inês, Dorper e seus mestiços, evidenciando a sensibilidade desses animais às variações ambientais.

As médias de ITGU registradas nas três temperaturas avaliadas foram de 72,81; 75,62 e 84,05, respectivamente. De acordo com Santos et al. (2006), valores de ITGU superiores a

79 indicam ambiente potencialmente perigoso para ovinos Santa Inês, Morada Nova e seus cruzamentos com a raça Dorper em condições de clima semiárido. Dessa forma, observa-se que o tratamento de 32 °C apresentou valor superior ao limite proposto na literatura, reforçando a caracterização de um ambiente de estresse térmico para os animais avaliados.

Conforme Baêta & Souza (2010), valores de ITGU até 74 indicam uma situação de conforto para os animais, de 74 a 78 considera-se um estresse leve, entre 79 e 84 situação perigosa e acima de 84, indicam uma situação de emergência, valores esses propostos para vacas leiteiras, porém também são utilizados para outras espécies.

Valores superiores de ITGU foram encontrados por Andrade et al. (2007) determinando diferentes ambientes de sombra e diferentes níveis de suplementação para ovinos Santa Inês em pastejo no semiárido nordestino, onde foram registrados ITGU de 91,28 no ambiente sem sombra, 85,11 em sombra artificial e 83,61 em sombra natural.

Mario et al (2013) em estudo, observaram valor de ITGU máximo de 94,8 no local de criação extensiva de ovinos. O que demonstra uma situação em que os animais estiveram expostos a um ambiente de desconforto térmico. Ao passo que Dantas et al. (2015) e Nobre et al. (2016) encontraram para médias do ITGU no turno da manhã e tarde (82.81 e 89.08 e 78.00 e 84.19), respectivamente.

Tomando por base o indicado pelos autores e os resultados do trabalho, os animais do presente estudo no fator 24 °C e 28 °C estão em um ambiente de conforto térmico (72,81) e estresse leve (75,62) respectivamente, já no fator 32 °C apresentaram-se em uma situação de alto estresse térmico (84,05).

Andrade (2006) afirma que animais em situação de estresse por calor devido aos efeitos da temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, vento e intensidade/duração do agente estressor sofrem um decréscimo no seu desempenho, distúrbios reprodutivos e também alimentares.

A análise de variância revelou interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores estudados para temperatura retal (TR) (Tabela 2).

Observa-se que houve efeito significativo ($P < 0,05$) de grupos genéticos apenas no fator com temperatura de 24 °C, verificando-se que a raça Morada Nova apresentou menor média ($P < 0,05$) e os demais grupos genéticos não diferiram ($P > 0,05$) dentro desse tratamento. Para

os tratamentos com temperaturas 28 e 32°C não se verificou efeito significativo de grupos genéticos ($P>0,05$). Quando se verifica o efeito de tratamentos (Temperatura do Ar: 24, 28 e 32 °C) para cada grupo genético observa-se que no tratamento de 32°C a média da temperatura retal de todos os grupos genéticos foram mais elevadas ($P<0,05$) em relação as registradas nas temperaturas de 24 e 28 °C.

A temperatura retal (TR) é um parâmetro bastante utilizado para se determinar o grau de adaptabilidade dos animais, uma vez que uma elevação acima da normalidade para a espécie indica que o animal está estocando calor, podendo o estresse térmico desenvolver-se.

TABELA 2 – Médias da temperatura retal (TR °C) de ovinos em função da temperatura do ar e de grupos genéticos.

GRUPOS GENÉTICOS	TEMPERATURA DO AR (°C)		
	24	28	32
Soinga	38.47Ab	38,77Aa	38,86Aa
Morada Nova	38.11Bc	38,49Ab	38,83Aa
Santa Inês	38.64Ab	38,78Ab	38,94Aa
SRD	38.57Ab	38,57Ab	38,89Aa
CV(%)		0,788	

Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem entre si pelo teste de TUKEY ($P<0,05$).

Observa-se que houve efeito significativo ($P<0,05$) de grupos genéticos apenas no fator com temperatura de 24 °C, verificando-se que a raça Morada Nova apresentou menor média ($P<0,05$) e os demais grupos genéticos não diferiram ($P>0,05$) dentro desse tratamento. Para os tratamentos com temperaturas 28 e 32°C não se verificou efeito significativo de grupos genéticos ($P>0,05$). Quando se verifica o efeito de tratamentos (Temperatura do Ar: 24, 28 e 32 °C) para cada grupo genético observa-se que no tratamento de 32°C a média da temperatura retal de todos os grupos genéticos foram mais elevadas ($P<0,05$) em relação as registradas nas temperaturas de 24 e 28 °C.

A temperatura retal (TR) é um parâmetro bastante utilizado para se determinar o grau de adaptabilidade dos animais, uma vez que uma elevação acima da normalidade para a espécie indica que o animal está estocando calor, podendo o estresse térmico desenvolver-se.

De acordo com Bernabucci et al. (2014), o aumento da temperatura corporal do animal ocorre quando todos os mecanismos de troca de calor internos e externos extrapolam. Porém, no presente trabalho nota-se que apesar do aumento em todos os grupos genéticos durante os fatores estudados, mesmo nas condições mais estressantes, com a elevação da TA e do ITGU, que indicou situação de alerta (75,62) e de alto estresse (84,05) para os animais, a TR permaneceu dentro do intervalo de normalidade para ovinos (38,3°C a 39,9°C), demonstrando a boa adaptação dos grupos genéticos estudados, especialmente do SRD, os quais apresentaram a menor média geral. Segundo Silva et al., (2017) essas respostas sugerem que o uso do armazenamento térmico permitiu aos animais alcançar o equilíbrio com o meio ambiente e manter uma temperatura corporal estável.

No entanto nota-se que a temperatura retal aumentou em todos os grupos estudados, sendo observado as maiores médias no tratamento 32°C, podendo ser justificado pelos elevados índices de UR e TA.

A TR é o resultado entre a energia térmica produzida e a energia térmica dissipada, um aumento desse parâmetro significa que o animal está estocando calor, e se não houver dissipação, o estresse por calor se manifesta (Santos et al., 2006). O fato da TR não apresentar-se fora dos padrões normais para a espécie no presente estudo, demonstra que os grupos genéticos, na tentativa de manter a homeotermia, aumentaram a dissipação de calor pela termólise evaporativa, através da sudorese e da alta frequência respiratória observada no fator 32 °C (102,28) sugerindo que o sistema termorregulador foi usado com eficiência.

De acordo com Cunningham (2004), os valores da TR em ovinos podem variar de 38,5 a 39,9 °C, dependendo dos fatores que interferem e causam variações na temperatura corporal, como: exercício, idade, estação do ano, sexo, raça, período do dia e digestão de alimentos.

Cesar et al. (2004), em trabalhos com ovinos Santa Inês, mantidos na temperatura 33°C, obtiveram valores de TR de 40°C, acima dos valores de normalidade para a espécie. Resultados esses superiores aos encontrados no presente estudo, demonstrando que os mecanismos evaporativos de troca de calor forem eficazes, mantendo a temperatura retal, sem caracterizar estresse térmico.

A elevação da TR ocorre em razão do acúmulo de calor endógeno nos animais, porém manteve-se dentro dos limites de conforto térmico para os animais do presente estudo, mostrando que os ovinos dos grupos genéticos estudados apresentaram uma capacidade de dissipação de calor elevada visto que a TR é uma variável fisiológica de referência para a avaliação da homeotermia.

De acordo com McDowell et al. (1976), a elevação da temperatura retal em 1°C é o bastante para reduzir o desempenho na maioria das espécies de animais domésticos, incluindo os ovinos. Como neste experimento não se constatou tal variação, confirma-se com base na temperatura retal a rusticidade e adaptabilidade dos grupos genéticos estudados em situações de temperaturas adversas.

A análise de variância não revelou interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores estudados para frequência respiratória (FR) (Tabela 3), indicando efeito independente dos fatores. Não foi verificado efeito significativo ($P > 0,05$) dos grupos genéticos. Por outro lado, observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) da temperatura ambiente, com as médias diferindo pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), sendo a maior média registrada na temperatura de 32 °C em relação às temperaturas de 24 e 28 °C. Entre estas, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para o referido parâmetro.

TABELA 3 – Médias das Frequências Respiratórias (FR) em função dos fatores: Temperatura do ar (°C) e Grupos Genéticos.

Fatores	Variável
Temperatura do ar (°C)	Frequência respiratória (mov./min.)
24	35,03B
28	31,45B
32	102,28A
Grupos genéticos	
Soinga	57,30A
Morada Nova	44,30A
Santa Inês	59,15A
SRD	54,30A
CV(%)	22,22

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna dentro de cada fator diferem pelo teste de TUKEY a 5% ($P < 0,05$).

Segundo Reece (2017) a FR considerada normal para espécie ovina é de 16 a 34 movimentos por minuto de acordo com a faixa de normalidade. No presente estudo, para o fator avaliado temperatura do ar à 24 °C e 32 °C, assim como o fator grupos genéticos, a FR esteve acima do preconizado para esta espécie. Para o fator de temperatura 28°C a média dos animais se manteve dentro da normalidade.

O fator 32°C merece atenção especial, pois o valor de FR se mostrou muito elevado, demonstrando que, para retornar ao equilíbrio térmico foi necessária a ativação dos mecanismos de perda de calor na forma insensível (evaporação respiratória), devido aos mecanismos sensíveis de perder calor (radiação, condução e convecção) não serem eficientes nas condições estudadas, demonstrando assim que a frequência respiratória é a principal forma de perder calor para os ovinos.

Esta elevação na FR em ambientes com temperaturas elevadas também foram observadas por Neiva et al. (2004) os quais descrevem que em ovinos Santa Inês mantidos ao sol no turno vespertino, em temperatura ambiente de 32°C e 33,2°C, obtiveram FR de 91 e 115,4 movimentos por minuto, respectivamente.

Dados do presente estudo estão de acordo com Silanikove (2000) que descreve que a frequência respiratória pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, em que uma frequência de 40-60, 60-80, 80-120 movimentos por minuto determina um estresse baixo, médio-alto e alto para os ruminantes, respectivamente; e acima de 200 para ovinos, o estresse é classificado como severo.

Dessa forma, pode-se afirmar que os animais estudados sofreram estresse baixo no fator grupos genéticos e estresse alto no fator temperatura à 32 °C, justificado pela TA mais alta e ITGU elevado, ocasionando estresse consistente, demonstrado pelo aumento da FR que ultrapassou 100 movimentos por minuto.

Estes valores também diferem dos descritos por Starling et al. (2002), que trabalhando com ovinos Corriedale encontraram valores de 124,9 movimento respiratório por minuto a uma temperatura em câmara climática de 20°C, provavelmente esta diferença ocorreu pelo fato destes animais serem de raças lanadas, tendo maior dificuldade em calor.

Os resultados do presente trabalho, corroboram com os encontrados por Nobre et al. (2016) que observaram que ovinos Santa Inês sofreram estresse médio-alto e alto devido aos elevados valores de ITGU no período da tarde nas condições climáticas do Semiárido.

Os animais utilizam o aumento da FR como uma forma de manter a temperatura corporal dentro do patamar fisiológico, através da evaporação pulmonar (MARTINS JÚNIOR et al., 2007), porém uma respiração acelerada e contínua pode interferir na ingestão de alimentos e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia estar sendo utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (SOUZA et al., 2008).

Diversos fatores agem na variação da FR em função da espécie animal, da raça, do tamanho corporal, da idade, temperamento, manejo, exercício físico, excitação, TA, gestação, estado de saúde e grau de enchimento do trato digestivo (SWENSON & REECE 1996).

A eficiência dos mecanismos de troca de calor tanto sensível (condução, convecção e radiação) quanto insensível (sudorese e/ou frequência respiratória) para manter a homeotermia varia de ambiente para ambiente, por isto, altas frequências respiratórias não indicam necessariamente que o animal esteja em estresse térmico, isto é, se o animal for eficiente em eliminar calor, mantendo a homeotermia, mesmo que a FR esteja alta, pode não ocorrer estresse calórico (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2011).

Na tabela 5 estão descritos as médias para a temperatura superficial. A análise de variância não revelou interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores estudados para temperatura superficial (TS). Havendo efeito independente dos fatores. Observa-se que para o fator temperatura do ar houve efeito significativo ($P < 0,05$), tendo as médias diferido pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) sendo as maiores médias observadas para o fator 32°C, em relação aos fatores de 24 e 28°C. Com relação ao fator grupo genético houve efeito significativo ($P > 0,05$) tendo as médias diferido pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) sendo as maiores médias gerais observadas para os ovinos SRD e Santa Inês. As TS dos animais avaliados elevaram-se à medida que a temperatura do ar aumentou (Tabela 4), isto ocorreu em razão da maior absorção de calor pela pele dos animais, como também pela vasodilatação periférica, que aumenta o fluxo sanguíneo para a superfície corporal, aumentando a TS do animal (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A transferência do fluxo sanguíneo para a superfície do corpo contribui para aumentar a TS e facilitar a dissipação de calor por mecanismo não evaporativo. Quando a temperatura do ar aumenta, o gradiente de temperatura entre a superfície corporal e o ambiente diminui, dificultando a dissipação de calor, aumentando assim a importância de mecanismos evaporativos como a FR.

TABELA 4 – Médias das Temperaturas superficiais: Temperatura Superficial do Costado (TSC), Temperatura Superficial do Tórax (TST), Temperatura Superficial do glúteo (TSG) em função dos fatores: Temperatura do ar (°C) e Grupos Genéticos.

Fatores estudados		Parâmetros estudados		
Temperatura do ar (°c)	TSC	TST	TSG	
24	35,37B	35,39B	34,82B	
28	35,06C	35,10C	34,45C	
32	37,90A	37,93A	37,81A	
Grupos genéticos				
Soinga	35,88B	35,87B	35,47B	
Morada nova	36,30A	35,87B	35,61AB	
Santa ines	36,10AB	36,35A	35,82AB	
SRD	36,17AB	36,36A	35,88A	
- CV (%)	1,46	1,69	1,62	

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna dentro de cada parâmetros diferem pelo teste de TUKEY a 5% ($P < 0,05$).

As TS do fator 32 °C foram mais elevadas em decorrência das condições desse ambiente apresentar TA e ITGU mais elevados. Analisando o fator grupos genéticos, a TS do grupo genético SRD (36,17; 36,36; 35,88) e Santa Inês (36,10; 35,65; 35,82) ultrapassaram as médias dos demais grupos genéticos, que apesar de não apresentarem lã, os ovinos eram de pelagem escura, o que pode ter influenciado a elevação da TS. Animais com pelagem escura apresentam maior absorção de radiação térmica, mesmo sem ter a influência direta da radiação solar (McMANUS et al., 2009).

Os resultados do presente trabalho estão de acordo com os de Batista et al. (2014) que observaram as mesmas variações de TS para ovinos de pelagem escura nas condições climáticas do semiárido nos ambientes de sombra e sol. McManus et al. (2011) observaram a

relação entre a cor da pele e do pelo de ovinos e relataram que entre os animais da raça Santa Inês, os de pelo branco apresentaram melhores parâmetros de adaptação comparado aos de pelo marrom.

A cor do pelame é um aspecto importante no estudo das trocas de calor com o ambiente, exercendo efeito na adaptabilidade dos animais em regiões semiáridas. Mata et al. (2013) citam que termorregulação é um dos processos vitais realizados através do pelame.

Segundo Marai et al. (2007) os aspectos morfológicos como o tamanho, a forma e a área de superfície são importantes no balanço térmico do corpo. A temperatura da pele ou da superfície não depende apenas das condições ambientais, como também das propriedades de proteção, que são individualmente um conjunto de características morfológicas da pele (cor, espessura, glândulas sudoríparas, etc) e da pelagem (especialmente a espessura do revestimento, o número de fios por unidade de superfície, o diâmetro dos fios, o comprimento das cerdas e o ângulo dos fios com a superfície da pele), que permitem que o animal possa trocar calor com o ambiente através de radiação, convecção, evaporação e condução (ALMEIDA, 2006; SILVA, 2007).

4 CONCLUSÕES

Os grupos genéticos avaliados (Soinga, Morada Nova, Santa Inês e Sem Raça Definida), quando submetidos a diferentes condições térmicas em ambiente controlado, apresentaram discreta elevação nos parâmetros fisiológicos — frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura superficial (TS) —, mantendo-se, entretanto, dentro dos valores de referência para a espécie, o que evidencia adequada adaptação fisiológica às condições impostas.

A elevação da temperatura do ar promoveu aumento nas respostas fisiológicas dos animais, com maiores valores observados no tratamento de 32 °C, caracterizando condição de maior desafio térmico. Ainda assim, os animais demonstraram eficiência nos mecanismos termorregulatórios, mantendo a homeotermia mesmo sob condições de estresse térmico moderado.

Dessa forma, os grupos genéticos avaliados demonstram elevado potencial adaptativo às condições térmicas do semiárido, configurando-se como alternativas viáveis para sistemas

de produção nessas regiões, especialmente em programas de seleção, conservação e melhoramento genético voltados à adaptação e eficiência produtiva.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.M.L. **Avaliação de parâmetros de desempenho, fisiológicos de ovinos machos castrados Santa Inês em pastagem com e sem sombreamento**. 2006, 121f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Itapetinga-BA: UESB, 2006.

ANDRADE, I. S. **Efeito do ambiente e da dieta sobre o comportamento fisiológico e o desempenho de cordeiros em pastejo no Semiárido Paraibano**. Patos: UFCG, 2006, 53 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2006.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2ª ed. Viçosa:UFV, 2010.

BERNABUCCI, U. et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 1, p. 471-486, 2014.

BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of here breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 57-69, 1978.

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

CEZAR, M. F. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 614-620, 2004.

COUTO, S. K. A. et al. Influência de dois ambientes sobre a degradabilidade “in situ” de alimentos em caprinos e ovinos no semi-árido. **Simpósio de construções rurais e ambiência**, v. 1, 2004.

CUNNINGHAM, J. G.; KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária (3ª edição)**. Ed. Guanabara Koogan, São Paulo, 596p, 2004.

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.

LEITÃO, M.V.B. et al. Conforto e estresse térmico em ovinos no Norte da Bahia. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1355-1360, 2013.

- JÚNIOR, L. M. M. et al. Respostas fisiológicas de caprinos Boer e Anglo-Nubiana em condições climáticas de meio-norte do Brasil. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, 2007.
- MATA E SILVA, B. C. et al. Características morfológicas do pelame de vacas holandesas puras na região semiárida de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1767-1772, 2013.
- McDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. W.; CAMOENS, J. K. Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 59, p. 965-973, 1976.
- MCMANUS, C. et al. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. Suppl. Esp, p. 107-120, 2011.
- MCMANUS, C. et al. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, n. 1, p. 95-101, 2009.
- NEIVA, J. N. M. et al. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 668-678, 2004.
- NOBRE, I. de S. et al. Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 116-126, 2016.
- OLIVEIRA, P. T. L. de et al. Respostas fisiológicas e desempenho produtivo de ovinos em pasto suplementados com diferentes fontes proteicas. **Revista Ceres**, v. 58, p. 185-192, 2011.
- QUEIROZ, E. O. et al. Parâmetros fisiológicos e desempenho para ovelhas Santa Inês e cordeiros ½ Dorper-Santa Inês nas estações verão e inverno. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 199-209, 2015.
- REECE, O.W, DUKES - **Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2017.
- SANTOS, A. D. F. et al. Parâmetros reprodutivos de bodes submetidos ao manejo de fotoperíodo artificial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1926-1933, 2006.
- SANTOS, Jose Romulo Soares dos et al. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Dorper às condições do semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 995-1001, 2006.

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, E. M. N. da et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 516-521, 2006.

SILVA, J.A. **Balanco térmico de ovinos morada nova mantidos ao sol e à sombra semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal da Paraíba, Areia. 67 f. 2017.

SILVA, J. A. da et al. **Balanco térmico de ovinos morada nova mantidos ao sol e à sombra semiárido brasileiro**. 2017.

DA SILVA, M. R. et al. Heat stress and its influence on hormonal physiology of small ruminants. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 2, p. 50-54, 2020.

SOUZA, B. B. da et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010.

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

STARLING, J. M. C. et al. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2070-2077, 2002.

SWENSON, M. J., REECE, W. O. DUKES, **Fisiologia dos Animais Domésticos**. Guanabara Koogan. 11ed. 856p. 1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - **Sistema de análise estatística**. Viçosa, MG, 1993.