

VOLUME IV

Coletânea Científica – Artigos Completos

BIOCLIMATOLOGIA e Bem-Estar Animal



Bonifácio Benício de Souza
Organizador


Editora científica
semiárido acadêmico

Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro
Coletânea Científica – Artigos Completos – Volume 4

Organizadores

Bonifácio Benicio de Souza; Dermeval Araújo Furtado; Antônio Nélon Lima da Costa; José Valmir Feitosa; Rosangela Maria Nunes da Silva; Luanna Figueirêdo Batista; Nágela Maria Henrique Mascarenhas; Claudiney Felipe Almeida Inô; Danilo Leite Fernandes; Maycon Rodrigues da Silva; Fábio Santos do Nascimento; Fabíola Franklin de Medeiros; Ariádne de Barros Carvalho; João Vinícius Barbosa Roberto; Talícia Maria Alves Benício; Antônio Wlisses Aves Benício; José Antônio Pires da Costa Silva; Gustavo de Assis Silva; João Paulo da Silva Pires; Luiz Henrique de Souza Rodrigues;

Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA
Patos – PB, Brasil
2026

ISBN 978-65-01-94881-2
Acesso aberto

Copyright © 2026
Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA
Todos os direitos reservados.

O conteúdo dos capítulos é de responsabilidade exclusiva de seus respectivos autores e autoras. A reprodução total ou parcial desta obra é permitida, desde que a fonte seja devidamente citada, em conformidade com as normas éticas da produção científica. Esta obra está disponibilizada em acesso aberto, com o objetivo de promover a ampla disseminação do conhecimento científico e contribuir para o avanço da pesquisa e da inovação nas áreas de Bioclimatologia e Bem-Estar Animal.

Editor-Chefe
Prof. Dr. Bonifácio Benício de Souza

Conselho Editorial
Membros permanentes da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA) e pesquisadores colaboradores do grupo de pesquisa “Estudo da Adaptação de Animais de Produção nas Regiões Tropicais” – CNPq/UFCG

E-mail institucional: semiaridoacademico@gmail.com
Site: www.editorasemiarioacademico.com

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Bioclimatologia e bem-estar animal no semiárido
brasileiro [livro eletrônico]. --
Patos, PB : Ed. dos Autores, 2026.
-- (Coletânea científica : artigos
científicos ; 4)
PDF

Vários autores.
Vários organizadores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-94881-2

1. Agronomia 2. Animais (Zoologia) 3. Bem-estar
animal 4. Bioclimatologia 5. Regiões semiáridas -
Brasil I. Série.

26-353784.0

CDD-551.69

Índices para catálogo sistemático:

1. Bioclimatologia : Bem-estar animal : Aspectos
ambientais : Ciências da terra 551.69

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

PREFÁCIO

O Volume 4 da coletânea Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro representa o avanço e o amadurecimento de um projeto editorial que vem se consolidando como referência na difusão do conhecimento científico voltado às condições ambientais do semiárido. Dando continuidade à proposta iniciada nos volumes anteriores, esta edição reúne capítulos derivados de pesquisas científicas previamente publicadas, revisadas e adaptadas para o formato de livro. Com isso, amplia-se o acesso, a visibilidade e o impacto da produção acadêmica.

Os estudos aqui apresentados refletem o esforço coletivo de pesquisadores comprometidos com a compreensão das interações entre ambiente, fisiologia e desempenho produtivo de animais de interesse zootécnico. Em um contexto marcado por elevadas temperaturas, variabilidade climática e desafios crescentes associados às mudanças climáticas, a bioclimatologia animal assume papel central na construção de sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis, além de mais resilientes às condições adversas.

Mantendo o padrão editorial adotado pela Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA), os capítulos deste volume foram publicados individualmente em fluxo contínuo, cada um com DOI próprio. Isso assegura autonomia científica, rastreabilidade e possibilidade de citação independente. Posteriormente, esses capítulos foram organizados nesta coletânea, à qual também foi atribuído um DOI específico, consolidando uma estratégia editorial alinhada às boas práticas nacionais e internacionais.

Este volume também marca um momento importante de transição e expansão do projeto editorial. Enquanto o Volume 5 será dedicado a uma abordagem temática específica, com foco na raça ovina Soinga, o Volume 6 inaugura uma nova fase da coletânea. Nessa etapa, a obra assume caráter contínuo e aberto à participação de pesquisadores de diferentes instituições, ampliando o alcance, a diversidade e o impacto científico.

A ECSA reafirma, por meio desta publicação, seu compromisso com a qualidade científica, a ética editorial e a democratização do conhecimento. Espera-se que este volume contribua para o fortalecimento da pesquisa em Bioclimatologia e Bem-Estar Animal e sirva como referência para pesquisadores, profissionais e estudantes. Além disso, busca estimular novas investigações e práticas voltadas à sustentabilidade da produção animal no semiárido brasileiro.

INTRODUÇÃO

A Bioclimatologia Animal tem se consolidado como uma área estratégica do conhecimento, especialmente em regiões caracterizadas por condições ambientais adversas, como o semiárido brasileiro. Nesse contexto, o clima exerce influência direta sobre os sistemas de produção animal, afetando o desempenho produtivo, os parâmetros fisiológicos e o bem-estar dos animais. Torna-se, portanto, essencial o desenvolvimento de abordagens científicas voltadas à compreensão dessas interações.

As elevadas temperaturas, a intensa radiação solar e a variabilidade na disponibilidade hídrica configuram desafios constantes à produção animal no semiárido. Essa realidade exige estratégias adaptativas que envolvam tanto o manejo ambiental quanto a utilização de genótipos mais adaptados. Nesse cenário, a produção científica em bioclimatologia aplicada tem contribuído para o desenvolvimento de indicadores ambientais, como índices de conforto térmico, além da avaliação das respostas fisiológicas e comportamentais dos animais.

O Volume 4 da coletânea *Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro* reúne estudos que abordam diferentes aspectos da adaptação animal, com ênfase na avaliação de índices bioclimáticos, respostas fisiológicas e estratégias de manejo em condições controladas e naturais. Os capítulos contemplam diferentes grupos genéticos, incluindo ovinos adaptados ao semiárido, evidenciando a importância da conservação e do uso sustentável dos recursos genéticos.

Assim como nos volumes anteriores, esta obra é composta por capítulos derivados de artigos científicos previamente publicados, revisados e adaptados para o formato de livro, em conformidade com a política ético-editorial da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA). As referências completas dos artigos originais encontram-se ao final da obra, assegurando transparência, rastreabilidade e rigor científico.

Este volume também amplia o diálogo com outras instituições e pesquisadores, consolidando a produção científica do grupo responsável por esta coletânea. Esse movimento prepara o caminho para uma nova fase editorial, caracterizada pela abertura e integração científica em nível nacional, ampliando o alcance e a diversidade temática.

Espera-se que este volume contribua para o fortalecimento do conhecimento técnico-científico nas áreas de Bioclimatologia e Bem-Estar Animal, servindo como referência para pesquisadores, profissionais e estudantes, além de estimular o desenvolvimento de soluções inovadoras para os desafios da produção animal no semiárido brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial à Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária, bem como aos Programas de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) e em Ciência e Saúde Animal (PPGCSA), pelo apoio contínuo às atividades de ensino, pesquisa e extensão. Tais ações são fundamentais para o desenvolvimento desta coletânea científica.

Registro também meu reconhecimento ao grupo de pesquisa “Estudo da Adaptação de Animais de Produção nas Regiões Tropicais”, certificado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Sua atuação tem contribuído de forma decisiva para o avanço do conhecimento em bioclimatologia e bem-estar animal no semiárido brasileiro.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade em pesquisa, assim como pelas bolsas de estudo concedidas aos discentes envolvidos nos projetos que deram origem aos capítulos desta obra. Destaco ainda o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), especialmente no fortalecimento da pós-graduação e na formação de recursos humanos qualificados.

Expresso minha gratidão à equipe técnica e editorial da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA), aos coorganizadores deste volume e aos colaboradores que participaram do processo de revisão, padronização e estruturação dos capítulos. Esse conjunto de esforços foi essencial para assegurar a qualidade técnica e a uniformidade editorial da obra.

Aos autores, coautores e pesquisadores colaboradores, registro um agradecimento especial pela confiança, pela contribuição científica e pelo compromisso com a produção e difusão do conhecimento. Esses elementos são decisivos para a consolidação e expansão desta coletânea.

Por fim, agradeço à minha família pelo apoio constante, pelo incentivo e pela compreensão ao longo de toda a trajetória acadêmica e editorial.

ORGANIZADORES

Bonifácio Benício de Souza

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: bonifacio.ufcg@gmail.com

Dermeval Araújo Furtado

Doutor em Recursos Naturais
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Rua Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó, Campina Grande - PB, CEP: 58429-900
E-mail: dermeval.araujo@professor.ufcg.edu.br

Rosangela Maria Nunes da Silva

Doutora em Ciência Veterinária
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: rosangela@cstr.ufcg.edu.br

Antônio Néelson Lima da Costa

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Cariri (UFCA)
Rua Ícaro de Sousa Moreira, 126, Bairro Muriti- Crato-CE
E-mail: nelson.costa@ufca.edu.br

José Valmir Feitosa

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Cariri (UFCA)
Rua Ícaro de Sousa Moreira, 126, Bairro Muriti- Crato-CE
E-mail: valmir.feitosa@ufca.edu.br

Luanna Figueirêdo Batista

Doutora em Ciência e Saúde Animal
Universidade Vale do Salgado (UNIVS)
Rua Monsenhor Frota, 609, Centro, Icó – CE, CEP: 63430-000
E-mail: luanna_151@hotmail.com

Nágela Maria Henrique Mascarenhas

Doutora em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Av. Francisco Lopes de Almeida, s/n, Serrotão, Campina Grande – PB, CEP: 58429-970
E-mail: eng.nagelamaria@gmail.com

Claudiney Felipe Almeida Inô

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: claudiney.felipe@estudante.ufcg.edu.br

Danilo Leite Fernandes

Doutor em Ciência e Saúde Animal
Instituto Federal do Ceará (IFCE)
Rod. CE 292, Km 05, s/n, Sítio Almécegas, Crato – CE, CEP: 63100-000
E-mail: danilolfernandes@hotmail.com

Maycon Rodrigues da Silva

Doutor em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: mayconrvet@gmail.com

Fábio Santos do Nascimento

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife – PE, CEP: 52171-900
E-mail: fabiosantos.br@hotmail.com

Fabíola Franklin de Medeiros

Doutora em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: vet.fabiolafranklin@gmail.com

Ariadne de Barros Carvalho

Doutora em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: ariadnebarroscarvalho@gmail.com

Antônio Wlisses Alves Benício

Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: wlissesbenicio@gmail.com

João Vinícius Barbosa Roberto

Doutor em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: joaoviniiciusroberto@gmail.com

Talícia Maria Alves Benício

Doutora em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: taliciabenicio@unitins.br

José Antônio Pires da Costa Silva

Mestre em Ciência Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: joseantoniopiresvet@gmail.com

Gustavo de Assis Silva

Doutor em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: gustavodeassisvet@gmail.com

João Paulo da Silva Pires

Mestre em Ciência e Saúde Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: joapaulopires.vet@gmail.com

Luiz Henrique de Souza Rodrigues

Mestrando em Ciência Animal
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110
E-mail: luizhenriquevet@gmail.com

SUMÁRIO

Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de ovinos nativos em ambiente controlado	11
Estresse térmico em ovinos e caprinos no semiárido brasileiro: avaliação pelo índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)	34
Raças e grupos genéticos nativos no semiárido brasileiro: preservação, conservação e uso sustentável	48
Erva-cidreira (<i>lippia alba</i>) como aditivo fitogênico na alimentação de codornas japonesas: efeitos sobre desempenho produtivo, qualidade de ovos e parâmetros leucocitários	62
Caprinos e ovinos adaptados aos trópicos com ênfase no semiárido brasileiro	82
Termorregulação em ovinos: gradientes térmicos e termografia aplicados à avaliação do estresse térmico	104
Respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor em caprinos mestiços de boer no semiárido	122
Impactos do aquecimento global sobre variáveis climatológicas, índice de conforto térmico e produção animal no estado da paraíba.....	135
Conforto térmico de vacas leiteiras em microrregiões da paraíba: uma análise baseada no índice de temperatura e umidade	147
Utilização do coproduto da <i>moringa oleifera</i> na alimentação de ruminantes na mitigação de gases de efeito estufa	159



**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.

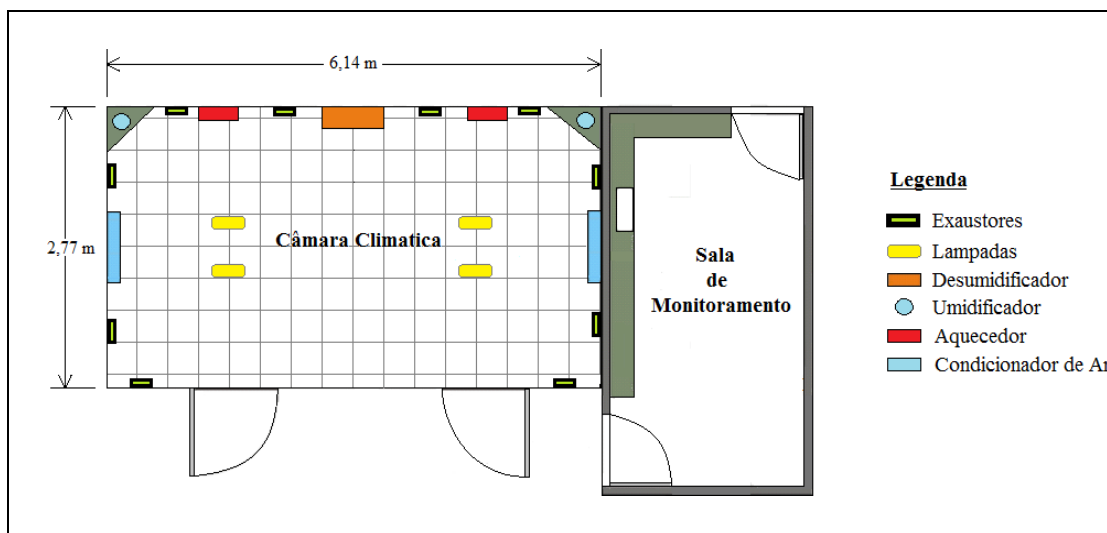


Figura 1: Layout interno da câmara climática e sala de monitoramento com respectivos equipamentos.

Fonte: Arquivo do autor principal, 2021.

2.2 Animais e manejo

Foram utilizados 24 ovinos machos, das raça 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 arração 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.

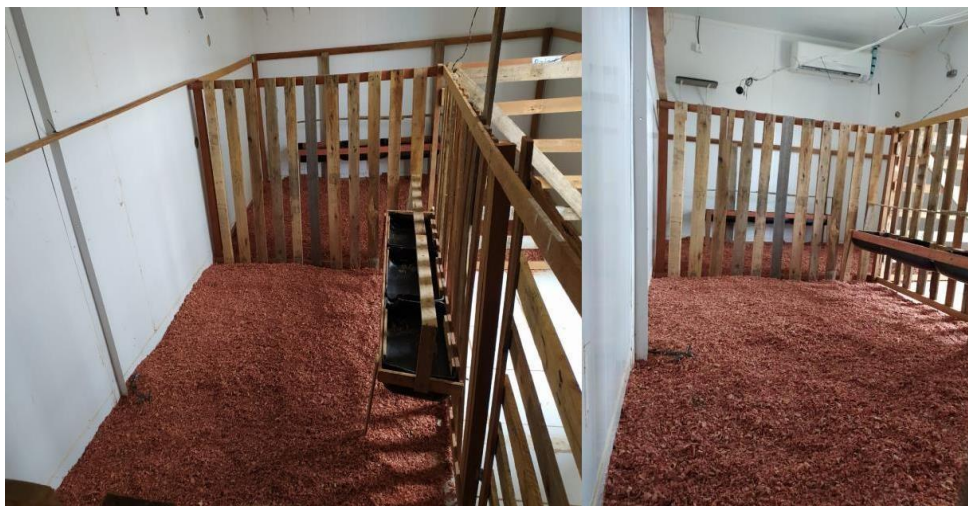


Figura 2 – Baías na câmara climática.

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:

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

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 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 apartir 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 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	TAMPERATURA 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.

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).

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% ($P < 0,05$).

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 comprimentos

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.

Adicionalmente, a utilização integrada de índices bioclimáticos e parâmetros fisiológicos mostra-se essencial para o monitoramento do conforto térmico em sistemas de produção animal. Esses indicadores permitem a identificação de situações de estresse e subsidiam a adoção de estratégias de manejo mais eficientes, contribuindo para a sustentabilidade e o aprimoramento dos sistemas produtivos no semiárido brasileiro.

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 breeders 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. 711-0714, 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. **Balanço 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. **Balanço 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.



**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 2

**Estresse Térmico em Ovinos e Caprinos no Semiárido Brasileiro: Avaliação
pelo Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)**

**Heat Stress in Sheep and Goats in the Brazilian Semi-Arid Region: Evaluation Using the
Black Globe Temperature and Humidity Index (BGTHI)**

**Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; João Vinícius
Barbosa Roberto¹; Fabíola Franklin de Medeiros²; Maycon Rodrigues da Silva¹; Dermeval
Araújo Furtado¹; Antônio Nelson Lima da Costa³; José Valmir Feitosa³; Rosangela Maria
Nunes da Silva¹; Claudiney Felipe Almeida Inô¹; Danilo Leite Fernandes⁴**

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

² Faculdade Rebouças de Campina Grande, Campina Grande–PB, Brasil.

³ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato–CE, Brasil.

⁴ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Crato–CE, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c02>

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, realizar uma revisão integrativa sobre as respostas fisiológicas de ovinos e caprinos submetidos ao estresse por calor. Foram utilizados dados de 537 animais, sendo 280 ovinos e 257 caprinos, provenientes de 20 artigos científicos, dos quais 10 eram referentes a

cada espécie. Os artigos foram selecionados com base nos seguintes critérios: artigos provenientes de pesquisas científicas, desenvolvidas no semiárido; que utilizaram como índice de conforto térmico o ITGU; e as respostas fisiológicas temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR) como respostas ao estresse por calor, e que tenham sido realizadas nos turnos da manhã e da tarde, respectivamente. Os grupos genéticos estudados nessas pesquisas foram: **ovinos** (Santa Inês, Morada Nova, Somalis, Soinga, Dorper, White Dorper, Damara, Dorper x Santa Inês, ½Dorper+ ½SRD, ½Damara + ½SRD, ½Dorper+ ½Somalis, ½Santa Inês + ½Morada Nova, ½Morada Nova + ½Dorper e SRD) e **caprinos** (Moxotó, Azul, Graúna, Anglo-Nubiana, Pardo-Sertaneja, Boer, Savana, Parda Alpina, British Alpine e os mestiços: ½Boer + ½SRD, ½Anglo-Nubiana + ½SRD, ½Savana + ½SRD, ½Kalarari + ½SRD, ½Moxotó + ½SRD, ½Saanen + ½Boer e Sem raça definida - SRD). Para a temperatura retal verificou-se que não houve diferença significativa entre as espécies ($P>0,05$), contudo houve diferença entre turnos ($P<0,05$) sendo as maiores médias observadas no turno da tarde para ambas as espécies. Esse resultado demonstra a necessidade de maior atenção com relação ao manejo desses animais, em termos de conforto térmico no turno da tarde, para minimizar os efeitos do estresse por calor nesse período do dia. Concluiu-se que os caprinos e ovinos criados no semiárido são resistentes ao estresse por calor, contudo os ovinos são menos resistentes que os caprinos, de forma que o manejo desses animais com relação ao conforto térmico não pode ser o mesmo, e que o índice de temperatura do globo negro e umidade igual a 82 é considerado de estresse médio alto para ovinos e de estresse baixo para caprinos.

Palavras-chave: termorregulação; homeotermia; índice de conforto térmico.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out an integrative review of the physiological responses of sheep and goats subjected to heat stress. Data from 537 animals were used, including 280 (two hundred and eighty) sheep and 257 (two hundred and fifty-seven) goats, from 20 (twenty) scientific articles, ten of each species. The articles were selected based on the following criteria: being derived from scientific studies carried out in the semi-arid region; using the BGHI as a thermal comfort index; evaluating rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR) as physiological responses to heat stress; and presenting data collected in the morning and afternoon shifts. The genetic groups studied in these researches were: sheep (Santa Inês, Morada Nova, Somalis, Soinga,

Dorper, White Dorper, Damara, Dorper x Santa Inês, $\frac{1}{2}$ Dorper+ $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Damara + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Dorper+ $\frac{1}{2}$ Somalis, $\frac{1}{2}$ Santa Inês + $\frac{1}{2}$ Morada Nova, $\frac{1}{2}$ Morada Nova + $\frac{1}{2}$ Dorper and SRD) and goats (Moxotó, Azul, Graúna, Anglo-Nubiana, Pardo-Sertaneja, Boer, Savana, Parda Alpina, British Alpine and crossbreeds: $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Anglo-Nubiana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Savana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Kalarari + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Moxotó + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Saanen + $\frac{1}{2}$ Boer and Without defined breed - SRD). For rectal temperature it was found that there was no significant difference between species ($P>0.05$), however there was a difference between shifts ($P<0.05$) with the highest averages observed in the afternoon shift for both species. This result demonstrates the need for greater attention regarding the management of these animals, in terms of thermal comfort in the afternoon, to minimize the effects of heat stress during this period of the day. It was concluded that goats and sheep raised in the semi-arid region are resistant to heat stress, however sheep are less resistant than goats, so that the management of these animals in relation to thermal comfort cannot be the same, and that the index black globe temperature and humidity equal to 82 is considered medium high stress for sheep and low stress for goats.

Keywords: thermoregulation; homeothermia; thermal comfort index.

INTRODUÇÃO

A criação de pequenos ruminantes no Nordeste, principalmente nas regiões de clima semiárido, é de grande interesse econômico e social, dada a capacidade de desenvolvimento dessas espécies nas condições adversas do semiárido. A presença dos maiores rebanhos caprinos e ovinos no Nordeste brasileiro deve-se ao fato dessas espécies apresentarem alta tolerância ao clima quente bem como capacidade fisiológica de utilizar bem os alimentos disponíveis na caatinga.

De acordo com dados do (IBGE, 2024), o rebanho caprino brasileiro foi estimado em 12,4 milhões de cabeças, sendo 11,8 milhões de cabeças na região Nordeste, o equivalente a 95,2% do rebanho nacional (IBGE, 2024). Esta alta concentração de caprinos no Nordeste tem sido constatada ao longo de todas as séries históricas de dados publicados pela Pesquisa da Pecuária Municipal (MAGALHÃES et al., 2019). Já o rebanho ovino foi estimado em 21,5 milhões de cabeças no Brasil, sendo 15 milhões desses criados no Nordeste, o que representa 69,7% do rebanho ovino nacional (IBGE, 2024).

A exploração agropecuária da região Nordeste do Brasil é amplamente afetada por fatores climáticos, dentre os quais, a temperatura e a umidade do ar afetam diretamente os animais. De

acordo com Baêta e Souza (1997), a zona de conforto térmico para ovinos está entre 25 e 30 °C e para caprinos entre 20 e 30 °C. Em condições ideais de temperatura para ovinos, 20% das perdas de calor são feitas através da respiração. Acima de 35 °C a perda total de calor via respiração chega a 60% do calor total dissipado (QUESADA et al., 2001). Isto ocorre devido à dificuldade de transferência de calor por gradiente de temperatura. Pois, quanto mais alta é a temperatura do ar menor é o gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o meio. Assim, diminui a perda de calor por radiação, condução e convecção (forma sensível) e aumenta a dissipação por meio evaporação. Com o aumento da frequência respiratória é eliminada grande quantidade de água do trato respiratório superior na forma de vapor.

Vale ressaltar que para a transformação de um grama de água em vapor, em uma superfície com uma temperatura de 35 °C, são necessárias 575 calorias (SILVA, 2008). Essa perda de calor ocorre também na superfície corporal do animal para eliminar água e suor, favorecendo o processo da termorregulação dos animais em ambiente quente. Em condições de temperaturas elevadas e umidade relativa do ar muito alta, o processo de termorregulação fica prejudicado de ambas as formas (gradiente de temperatura e por evaporação) tornando desse modo o ambiente mais estressante.

Os efeitos da interação da temperatura com a umidade relativa e outros fatores como radiação e velocidade do vento tornam imprescindível a utilização de um índice que incorpore esses elementos (SOUZA, 2010). Sendo imprescindível o uso de um índice que utilize dois ou mais elementos do clima para determinar com maior precisão o nível de conforto ou desconforto ambiental para os animais. Um dos índices que vem sendo bastante utilizado pela eficiência em caracterizar o ambiente é o ITGU (índice temperatura de globo negro e umidade), que é calculado pela fórmula: $ITGU = TGN + 0,36 \cdot (T_{po}) + 41,5$ (BUFFINGTON et al., 1981). Esse índice foi desenvolvido para estudos com vacas leiteiras, todavia, tem sido utilizado em estudos bioclimáticos para outras espécies.

Vários pesquisadores têm usado o ITGU como índice de conforto térmico, para ovinos (CÉZAR et al., 2004; SANTOS et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; BEZERRA et al., 2011; NOBRE et al., 2018; ROCHA et al., 2018; MEDEIROS et al., 2020; SILVA et al., 2023), e para caprinos (BATISTA et al. 2023; SOUZA et al. 2014; SILVA et al. 2014; SOUZA et al. 2013; LEITE et al. 2012; SILVA et al. 2011; SOUZA et al. 2008; SILVA et al. 2006; SANTOS et al. 2005; SILVA et al. 2005).

A temperatura retal é considerada uma das melhores referências fisiológicas por se aproximar da temperatura do núcleo central do animal e apresentar boa estabilidade (SILVA et al., 2023; MEDEIROS et al., 2020; NOBRE et al., 2018; ROCHA et al., 2018; BEZERRA et al., 2011; SANTOS et al., 2006; SILVA et al., 2006; SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2010; CÉZAR et al., 2004).

A frequência respiratória é importante nos estudos de tolerância ao calor por ser uma das respostas fisiológicas muito utilizadas pelos ovinos e caprinos para dissipação de calor na forma evaporativa contribuindo assim com o processo da termorregulação (BATISTA et al. 2023; SILVA et al. 2023; MEDEIROS et al. 2020; NOBRE et al. 2018; ROCHA et al. 2018; SILVA et al. 2014; SOUZA et al. 2013; LEITE et al. 2012; SILVA et al. 2011; MCMANUS et al., 2011; BEZERRA et al., 2011; NEIVA et al., 2004; QUESADA et al., 2001; BIANCA; KUNZ,1978).

Ante a considerável quantidade de pesquisas realizadas com ovinos e caprinos com o objetivo de avaliar a adaptação dessas espécies ao clima semiárido. Objetivou-se com este estudo fazer uma revisão integrativa para avaliar e comparar o comportamento fisiológico de ovinos e caprinos nas condições ambientais do semiárido brasileiro com base no índice de conforto térmico ITGU e nas respostas fisiológicas temperatura corporal e da frequência respiratória.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração desse artigo realizou-se uma revisão integrativa sobre as respostas fisiológicas de ovinos e caprinos ao estresse por calor no semiárido brasileiro. Foram utilizados dados de 537 animais sendo 280 (duzentos e oitenta) ovinos e 257 (duzentos e cinquenta e sete) caprinos, provenientes de 20 (vinte) artigos científicos sendo dez de cada espécie. Os artigos foram selecionados com base nos seguintes critérios: artigos provenientes de pesquisas científicas, desenvolvidas no semiárido; que utilizaram como índice de conforto térmico o ITGU; e as respostas fisiológicas temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR) como respostas ao estresse por calor, e que tenham sido realizadas nos turnos da manhã e da tarde, respectivamente.

Os grupos genéticos estudados nessas pesquisas foram: **ovinos** (Santa Inês, Morada Nova, Somalis, Soinga, Dorper, White Dorper, Damara, Dorper x Santa Inês, $\frac{1}{2}$ Dorper+ $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Damara + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Dorper+ $\frac{1}{2}$ Somalis, $\frac{1}{2}$ Santa Inês + $\frac{1}{2}$ Morada Nova, $\frac{1}{2}$ Morada Nova + $\frac{1}{2}$ Dorper e SRD) e **caprinos** (Moxotó, Azul, Graúna, Anglo-Nubiana, Pardo-Sertaneja, Boer,

Savana, Parda Alpina, British Alpine e os mestiços: $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Anglo-Nubiana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Savana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Kalarari + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Moxotó + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Saanen + $\frac{1}{2}$ Boer e Sem raça definida - SRD).

As médias das respostas TR e FR, sob o efeito do ITGU nos turnos da manhã e da tarde, obtidas nessas pesquisas, foram analisadas utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) no esquema fatorial 2x2 (duas espécies: ovinos e caprinos; e dois turnos: manhã e tarde), com 10 repetições, repetido no tempo. As repetições consideradas foram as médias das 20 pesquisas estudadas, obtidas dos 537 animais nos turnos da manhã e da tarde. As análises foram realizadas através do programa Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, 1993) e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos ovinos utilizados neste estudo estão apresentados na Tabela 1, enquanto os dados relativos aos caprinos encontram-se na Tabela 2. Nessas tabelas, são apresentados o número de pesquisas consideradas, o número de animais utilizados, o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), bem como as respostas fisiológicas avaliadas, incluindo a temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR), registradas nos turnos da manhã e da tarde. Adicionalmente, são indicadas as referências dos estudos utilizados, possibilitando a identificação das fontes e a adequada contextualização dos dados analisados.

Considerando o conjunto de informações reunidas a partir das diferentes pesquisas selecionadas, observa-se que os dados apresentam variações importantes entre os turnos da manhã e da tarde, refletindo a influência direta das condições ambientais sobre as respostas fisiológicas dos animais. De modo geral, as variações nos valores de ITGU e nas variáveis fisiológicas analisadas evidenciam a dinâmica do ambiente térmico no semiárido e sua relação com os mecanismos de termorregulação, especialmente nos períodos de maior carga térmica, como o turno da tarde.

Os dados referentes aos caprinos, apresentados na Tabela 2, permitem ampliar a análise comparativa entre as espécies, possibilitando a identificação de padrões de resposta fisiológica em função das condições ambientais. A organização dessas informações, considerando os turnos do dia, o número de animais e os valores de ITGU, temperatura retal e frequência respiratória,

contribui para uma compreensão mais detalhada da adaptação dos caprinos ao ambiente semiárido, bem como para a comparação direta com os resultados observados em ovinos.

TABELA 1 - Relação de artigos com ovinos utilizados como fonte para elaboração do banco de dados dessa pesquisa.

Turno	Pesquisas (total de animais)*	ITGU	TR (°C)	FR (mov/min)	Autores
Manhã	1 (48)	75,5	39,5	64,38	César et al. (2004)
Manhã	2 (30)	70	39,31	59,13	Santos et al (2006)
Manhã	3 (27)	85,1	38,5	31,8	Andrade et al. (2007)
Manhã	4 (20)	77	38,83	53	Silva et al. (2023)
Manhã	5 (40)	77,28	38,84	34,16	Bezerra et al. (2011)
Manhã	6 (30)	79,3	38,96	55,2	Dantas et al. (2019)
Manhã	7 (24)	77,67	38,75	56,17	Medeiros (2020)
Manhã	8 (36)	71,8	38,32	50,91	Nobre et al. (2018)
Manhã	9 (11)	77,8	38,6	48,1	Lima et al. (2023)
Manhã	10 (14)	69,04	38,36	49,6	Rocha et al. (2018)
Tarde	1 (48)	82,4	40	96,47	César et al. (2004)
Tarde	2 (30)	79	39,51	87,43	Santos et al (2006)
Tarde	3 (27)	88,2	40	49,6	Andrade et al. (2007)
Tarde	4 (20)	81	39,36	67	Silva et al. (2023)
Tarde	5 (40)	81,89	39,75	103,5	Bezerra et al. (2011)
Tarde	6 (30)	82,7	39,61	88,3	Dantas et al. (2019)
Tarde	7 (24)	84,12	39,25	117,45	Medeiros (2020)
Tarde	8 (36)	78,7	39,33	76	Nobre et al. (2018)
Tarde	9 (11)	82,9	39,1	56,5	Lima et al. (2023)
Tarde	10 (14)	80,49	38,86	60,6	Rocha et al. (2018)

Além disso, a sistematização desses dados evidencia a capacidade adaptativa dos caprinos frente às variações térmicas ao longo do dia, permitindo observar como essas respostas fisiológicas se comportam em diferentes níveis de estresse térmico. De modo geral, os resultados indicam que os caprinos apresentam variações menos acentuadas nas variáveis fisiológicas, especialmente na frequência respiratória, quando comparados aos ovinos, sugerindo maior eficiência nos mecanismos de termorregulação em condições de ambiente quente. Essa abordagem comparativa também possibilita avaliar a influência do ITGU sobre as respostas fisiológicas, evidenciando a relação direta entre o aumento da carga térmica ambiental e a intensificação dos mecanismos de dissipação de calor. Dessa forma, os dados apresentados na Tabela 2 constituem uma base

importante para a compreensão da adaptação dos caprinos às condições do semiárido brasileiro, reforçando sua reconhecida rusticidade e capacidade de tolerância ao estresse por calor.

TABELA 2 - Relação de artigos com caprinos utilizados como fonte para elaboração do banco de dados dessa pesquisa.

Turno	Pesquisas (total de animais)*	ITGU	TR (°C)	FR (mov/min)	Autores
Manhã	1 (20)	79,42	38,9	30,3	Silva et al. (2005)
Manhã	2 (30)	71,25	39,46	42,3	Souza et al. (2008)
Manhã	3 (16)	77,5	39,16	32,65	Santos et al (2005)
Manhã	4 (40)	77,97	39,14	31,85	Silva et al. (2006)
Manhã	5 (24)	75,12	38,49	37,18	Souza et al. (2013)
Manhã	6 (36)	77,4	38,6	35,6	Leite et al. (2012)
Manhã	7 (24)	79,44	38,91	46,47	Silva et al. (2011)
Manhã	8 (36)	74,94	38,72	32,87	Silva et al. (2014)
Manhã	9 (6)	76,71	38,58	39,65	Batista et al. (2023)
Manhã	10 (22)	73,83	39,21	39,23	Souza et al. (2014)
Tarde	1 (20)	85,16	39,3	49,5	Silva et al. (2005)
Tarde	2 (30)	79,15	39,68	60,6	Souza et al. (2006)
Tarde	3 (16)	85,5	39,75	42,46	Santos et al (2005)
Tarde	4 (40)	82,25	39,5	39,47	Silva et al. (2006)
Tarde	5 (24)	87,99	39,38	39,38	Souza et al. (2013)
Tarde	6 (36)	82,9	39,2	50,8	Leite et al. (2012)
Tarde	7 (24)	81,55	39,05	48,22	Silva et al. (2011)
Tarde	8 (36)	79,96	39,25	43,05	Silva et al. (2014)
Tarde	9 (6)	80,49	39,93	49,69	Batista et al. (2023)
Tarde	10 (22)	79,37	39,37	42,68	Souza et al. (2014)

Médias do ITGU (índice de temperatura do globo negro e umidade) registradas nas pesquisas com ovinos e caprinos nos turnos da manhã e da tarde, encontram-se na Tabela 3.

A análise de variância revelou que os dados de ITGU registrados nas pesquisas com caprinos não diferiram ($P>0,05$) dos observados nas pesquisas com ovinos, com médias diárias de 79,04 e 79,39, respectivamente. Contudo, para os turnos verificou-se diferença significativa ($P<0,05$) sendo a maior média no turno da tarde. As médias registradas foram 76,13 pela manhã e 82,03 à tarde, nas pesquisas realizadas com ambas as espécies.

TABELA 3 - Médias do ITGU (índice de temperatura do globo negro e umidade) registradas nas pesquisas com ovinos e caprinos nos turnos da manhã e da tarde.

Pesquisas com:	ITGU		Média
	Manhã	Tarde	
Ovinos	75,89Aa	82,18Ab	79,04A
Caprinos	76,36Aa	82,42Ab	79,39A
Média	76,13b	82,03a	

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

Nas condições normais do semiárido o estresse por calor ocorre geralmente no período da tarde, conforme está demonstrado na tabela com base nos valores do ITGU = 76,13 pela manhã e ITGU = 82,03 à tarde.

Valores médios observados nas 20 pesquisas estudadas sendo 10 com ovinos e 10 com caprinos. Contudo, as médias da TR não estão fora dos limites considerados normais para espécie (Cunningham, 2004). Contudo, em condições de ITGU de 88 no turno da tarde, Andrade et al. (2007) verificaram temperatura retal de 40 °C em ovinos Santa Inês em pesquisa no semiárido, temperatura retal acima da considerada normal para espécie.

As médias da temperatura retal observadas nesse estudo integrativo, utilizando resultados de vinte pesquisas científicas sendo 10 com ovinos e 10 com caprinos, no semiárido, encontram-se na Tabela 4.

Para a temperatura retal verificou-se que não houve diferença significativa entre as espécies ($P > 0,05$), contudo houve diferença entre turnos ($P < 0,05$) sendo as maiores médias observadas no turno da tarde para ambas as espécies. Esse resultado demonstra a necessidade de maior atenção com relação ao manejo desses animais, em termo de conforto térmico no turno da tarde, para minimizar os efeitos do estresse por calor nesse período do dia.

Para a temperatura retal não houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre as espécies ovina e caprina. Com relação ao efeito de turno verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os turnos da manhã e da tarde para ambas as espécies estudadas, sendo as maiores médias no turno da tarde. As médias registradas foram: 38,80 e 39,43 °C para ovinos e 38,91 e 39,44 °C para caprinos, nos turnos da manhã e da tarde, respectivamente.

TABELA 4 - Médias da temperatura retal (TR) em função da espécie (ovina e caprina) e dos turnos (manhã e tarde).

Espécie	TR (°C)	
	Manhã	Tarde
Ovinos	38,80Ab	39,43Aa
Caprinos	38,91Ab	39,44Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste F.

Esses valores estão de acordo com os resultados encontrados por diversos autores: para ovinos (CÉZAR et al., 2004; SANTOS et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; BEZERRA et al., 2011; NOBRE et al., 2018; ROCHA et al., 2018; MEDEIROS et al., 2020; SILVA et al., 2023) e para caprinos (BATISTA et al., 2023; SOUZA et al., 2014; SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2013; LEITE et al., 2012; SILVA et al., 2011; SOUZA et al., 2008; SILVA et al., 2006; SANTOS et al., 2005; SILVA et al., 2005).

As médias da frequência respiratória (FR) observadas nesse estudo integrativo, utilizando resultados de vinte pesquisas científicas sendo 10 com ovinos e 10 com caprinos, no semiárido, encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5 - Médias da frequência respiratória (FR) em função da espécie (ovina e caprina) e dos turnos (manhã e tarde).

Espécie	FR (mov/min)	
	Manhã	Tarde
Ovinos	50,64Ab	81,18Aa
Caprinos	36,84Ba	46,18Ba

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste F.

A análise de variância demonstrou que houve interação significativa ($P<0,05$) entre espécies e turnos. Os ovinos apresentaram maior média da FR em relação aos caprinos, tanto no turno da manhã como no da tarde. Com relação aos turnos, houve efeito significativo do turno da tarde para os ovinos, enquanto para os caprinos não foi verificado efeito significativo,

demonstrando que os ovinos, embora sejam tolerantes às altas temperaturas, apresentaram maior dificuldade para manter a homeotermia no turno da tarde quando comparados com os caprinos.

Considerando os dados do ITGU na Tabela 2, verifica-se que, em condições de ITGU igual a 82, a FR dos ovinos chegou a 80 mov/min, atingindo o limite superior da faixa considerada de estresse médio-alto (SILANIKOVE, 2000). Para os caprinos observados no turno da tarde, verifica-se que a FR foi de 47 mov/min, demonstrando que, nessa situação, os caprinos apresentam um estresse baixo por calor. Resultados semelhantes aos observados por SILVA et al. (2006) e SILVA et al. (2011).

SOUZA (2010) reporta que, em condições de ITGU médio de 77 e 83, em diversas pesquisas realizadas com caprinos no Brasil, verificou-se um aumento médio de 13,73 mov/min, passando de 34,27 para 48,00 mov/min, tendo sido considerado o ITGU igual a 83 um ambiente que provoca um estresse baixo em caprinos. SOUZA et al. (2011), estudando respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor de caprinos mestiços de Boer no semiárido e em caprinos sem raça definida (SRD), em condições de ITGU de 84 (sombra) e 90 (sol), verificaram que o estresse provocou uma elevação significativa da frequência respiratória, passando de 32,04 para 56,13 mov/min, o que foi considerado um estresse de baixo a médio-alto (SILANIKOVE, 2000).

Para ovinos, ambientes com ITGU igual ou próximo a 82 podem ser considerados de desconforto térmico e provocar estresse médio-alto, e acima de 83 podem desencadear um estresse alto para diversas raças de ovinos criadas no Nordeste do Brasil (SOUZA et al., 2024).

4 CONCLUSÕES

Os caprinos e ovinos criados no semiárido apresentam elevada resistência ao estresse térmico. No entanto, os ovinos demonstram menor tolerância ao calor quando comparados aos caprinos, indicando que o manejo voltado ao conforto térmico não deve ser adotado de forma uniforme entre essas espécies.

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) igual a 82 caracteriza condição de estresse térmico de nível médio a alto para ovinos, enquanto, para caprinos, essa mesma condição é classificada como de baixo estresse térmico.

Dessa forma, evidencia-se a importância da adoção de estratégias de manejo específicas para cada espécie, especialmente nos períodos de maior carga térmica, como o turno da tarde. Medidas como a oferta de sombra, o ajuste dos horários de manejo e a adequação dos sistemas

produtivos podem contribuir para a redução dos efeitos do estresse térmico, promovendo melhor desempenho produtivo, bem-estar animal e maior sustentabilidade dos sistemas de produção no semiárido brasileiro.

Adicionalmente, destaca-se que a utilização de indicadores bioclimáticos associados à avaliação das respostas fisiológicas constitui ferramenta essencial para o monitoramento do conforto térmico em sistemas de produção. Esses parâmetros permitem a identificação de situações de risco e subsidiam a tomada de decisões mais precisas, contribuindo para o aprimoramento das práticas de manejo e para a eficiência produtiva em ambientes semiáridos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, I. S. et al. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e a suplementação em pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, v.2, p.540-547, 2007.

ARRUDA, F. A. V.; PANT, K. P. Tolerância ao calor de caprinos e ovinos sem lã em Sobral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 379-385, 1985.

BATISTA, L. F. et al. Respostas fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido Paraibano. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v.21, n.9, p. 12712-12737. 2023.

BEZERRA, W. M. A. X. et al. Comportamento fisiológico de diferentes grupos genéticos de ovinos criados no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v.24, n.1, p.130-136, 2011.

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

BRION, A. **Vademecum del veterinario**. 2. ed. Barcelona: Gea, 1964. 732 p.

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.

CASTRO, A. **A cabra**. Fortaleza: S.A.A., 1979. 365 p.

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.

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

IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal. Tabela 3939: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. [Rio de Janeiro, 2020]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 16 out. 2020.

INGRAM, D. L., MOUNT, L. E. Man and Animals in Hot Environments. Springer-Verlag, New York. 1975.

INMET (2023), O ano de 2023 é o mais quente da série histórica do Brasil. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil>. Acesso em: 17 de janeiro de 2023.

IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647Clima.

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

LEITE, J. R, S, et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.443-448, 2012.

LIMA, F. M. S, et al. Respostas fisiológicas e comportamento ingestivo de ovinos exóticos criados no cariri cearense. **Revista Coopex**, v.14, n.5, p.3918-3932, 2023.

MASCARENHAS, N. M. H. **Variáveis fisiológicas e estruturas de tegumento de ovinos e caprinos criados no semiárido brasileiro**. 2018. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2018.

MCMANUS, C, et al. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. Supl. Esp, p. 107-120, 2011.

MCMANUS, C. et al. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, supl. esp., p. 107–120, 2011.

MEDEIROS, F. F. **Adaptabilidade, desempenho produtivo e características do tegumento de ovinos Soinga e Santa Inês**. 2020. 80f. Tese (Doutorado em Ciência e Saúde Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2020.

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: 10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683.

QUESADA, M. et al. Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, (Supl 1), n. 3, p. 1021-1026, 2001.

ROBERTO, J. V. B. et al. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.2, p.11-19, 2014.

- ROCHA, E. F. et al. Scrotum bipartite in sheep as a parameter indicative of adaptation to semi-arid climates: A thermographic and reproductive study. **Theriogenology**, v.121, p. 91- 96, 2018.
- SANTOS FCB, et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semiárido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.142-149, 2005.
- SANTOS, J. R. S. et al. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das Santa Inês, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Dorper as condições do semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, 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, p.1-18, 2000.
- SILVA, EMN, et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.516-521, 2006.
- SILVA, J. A. P. C. et al. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de ovinos nativos mantidos em condições controladas. **Revista Coopex**, v.14, n.01. 1655-1674p 2023.
- SOUZA, B. B. et al. Respostas fisiológicas de caprinos terminados em pastagem nativa no semiárido paraibano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.1, n.2, p.37-43, 2013.
- SOUZA, B. B. et al. Respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor de caprinos mestiços de boer no semiárido. **Revista Verde**, v.6, n.3, p.146-151, 2011.
- SOUZA, B. B. et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.
- SOUZA, E. D. et al. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradientes térmicos de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.177-184, 2005.
- SOUZA, B. B. et al. Avaliação da temperatura timpânica para estudos bioclimáticos em ovinos deslanados. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p 62-66, 2012.
- SOUZA, B. B. et al. Caprinos e ovinos adaptados aos trópicos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.3, n.2, p.42-50, 2015.
- SOUZA, BB, et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.



**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 3

**Raças e grupos genéticos nativos no semiárido brasileiro: preservação,
conservação e uso sustentável**

**Native breeds and genetic groups in the Brazilian semi-arid: preservation, conservation and
sustainable use**

**Maycon Rodrigues da Silva¹; Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Luanna Figueirêdo Batista¹;
Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Talícia Maria Alves
Benício³; Danilo Leite Fernandes⁴; Expedito Danúsio de Souza⁴; João Vinícius Barbosa
Roberto⁵; José Antônio Pires da Costa Silva¹**

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

² Faculdade Rebouças de Campina Grande, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Brasil.

⁴ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Brasil.

⁵ Faculdades Nova Esperança (FACENE/FAMENE), Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c03>

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, analisar aspectos relevantes relacionados à preservação, conservação e ao uso sustentável de raças e grupos genéticos nativos do semiárido brasileiro. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica em periódicos científicos, disponíveis em meio digital

e impresso, reunindo e sistematizando informações provenientes de diferentes fontes, com o propósito de identificar e discutir os principais fatores associados à conservação e utilização desses recursos genéticos. Verificou-se que a conscientização da sociedade e dos criadores quanto à importância da conservação, aliada ao reconhecimento de que essas raças apresentam características adaptativas singulares, é fundamental para atender às demandas futuras e evitar a erosão genética e o desaparecimento de raças nativas. Embora, sob o ponto de vista produtivo, apresentem desempenho inferior quando comparadas às raças melhoradas, as raças nativas destacam-se pela elevada capacidade de adaptação às condições adversas dos sistemas de produção do semiárido. Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de implantação e manutenção de núcleos de conservação, bem como do desenvolvimento de estudos contínuos voltados à caracterização, conservação e uso sustentável dos recursos genéticos nativos do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: recursos genéticos; bovinos; caprinos; ovinos; adaptação.

ABSTRACT

This study aimed to analyze relevant aspects related to the preservation, conservation, and sustainable use of native breeds and genetic groups in the Brazilian semi-arid region. A bibliographic review was conducted using scientific journals available in both digital and printed formats, compiling and systematizing information from different sources in order to identify and discuss the main factors associated with the conservation and use of these genetic resources. It was found that raising awareness among society and livestock producers regarding the importance of conservation, combined with the recognition that these breeds possess unique adaptive characteristics, is essential to meet future demands and prevent genetic erosion and the disappearance of native breeds. Although, from a productive standpoint, native breeds generally show lower performance compared to improved breeds, they stand out for their high adaptability to the diverse and often adverse conditions of semi-arid production systems. Therefore, there is a clear need to establish and maintain conservation nuclei, as well as to promote continuous studies focused on the characterization, conservation, and sustainable use of native genetic resources in the Brazilian semi-arid region.

Keywords: genetic resources; cattle; goats; sheep; adaptation.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro está localizado na região intertropical, com uma extensão aproximada de 1,03 milhão de km², correspondendo a cerca de 12% do território nacional. Essa região abrange 1.262 municípios, conforme a Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017, da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). De acordo com o Ministério da Integração Nacional, aproximadamente 27 milhões de pessoas vivem nessa área.

No semiárido brasileiro, predomina o bioma Caatinga, sendo este o único bioma exclusivamente brasileiro. Apesar de sua relevância ecológica, cerca de 45% de sua área encontra-se desmatada, configurando-se como o terceiro bioma mais degradado do país. Ainda assim, possui importância fundamental para a biodiversidade global, uma vez que aproximadamente um terço de sua flora e 15% de sua fauna são compostos por espécies endêmicas, inexistentes em outras regiões do planeta (ASA, 2018). Em áreas limítrofes, podem ocorrer zonas de transição com outros biomas, sem, contudo, descaracterizar o domínio da Caatinga no semiárido.

Há crescente preocupação com a intensificação das mudanças climáticas, decorrente do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, amplamente associado às atividades antrópicas em escala global (MARENGO et al., 2011). Projeções do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que a temperatura média no Brasil poderá aumentar entre 4°C e 6°C até o ano de 2100 (BRASIL, 2013; PBMC, 2013). Entre as principais consequências desse cenário, destacam-se o avanço das áreas áridas e dos processos de desertificação, a redução da biodiversidade, a diminuição da produtividade agropecuária, alterações no regime de precipitação, com possível redução de chuvas na Região Norte, e intensificação das secas no Nordeste (BRASIL, 2013; PBMC, 2013).

A pecuária, desenvolvida predominantemente por pequenos produtores, desempenha papel fundamental no contexto da agricultura familiar no semiárido brasileiro. A utilização de raças e grupos genéticos nativos contribui significativamente para a fixação do homem no campo, promovendo segurança alimentar e geração de renda, além de favorecer a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse contexto, destacam-se os sistemas de criação de ovinos, caprinos e bovinos.

Diante das discussões atuais sobre o aquecimento global e seus impactos nos sistemas de produção animal, objetivou-se, com este trabalho, apresentar e discutir aspectos relevantes

relacionados à preservação, conservação e ao uso sustentável de raças e grupos genéticos nativos do semiárido brasileiro.

2 MATERIL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica acerca da preservação, conservação e uso sustentável de raças e grupos genéticos nativos do semiárido brasileiro. Para tanto, foram consultados artigos científicos publicados em periódicos acadêmicos, disponíveis em formato digital e impresso. As informações obtidas foram organizadas, sistematizadas e analisadas com o objetivo de identificar e discutir os principais aspectos relacionados à conservação e utilização desses recursos genéticos, destacando sua importância para a sustentabilidade dos sistemas de produção no semiárido brasileiro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diversidade genética e importância das raças nativas

Existem várias ameaças à diversidade genética, segundo Mariante (2015), a mais importante seria a marginalização de sistemas tradicionais de produção e das raças a eles associadas, iniciada, sobretudo pela expansão da produção pecuária intensiva em grande escala e utilização de um número pequeno de raças.

Esse fato foi ocasionado pelo aumento da demanda destes produtos, facilitado pelo desempenho do material genético, tecnologias de produção e os insumos utilizados. Por isso, são necessárias políticas destinadas a minimizar a perda da diversidade dos recursos genéticos animais. Além disso, é fundamental a parceria com criadores para o sucesso de manutenção desse aporte genético, certificando a sobrevivência dessas raças, permitindo que futuramente as mesmas possam vir a representar material genético capaz de melhorar a resistência a condições adversas do ambiente de criação (MARIANTE, 2015).

3.2 Recursos genéticos nativos no semiárido brasileiro

A diversidade dos recursos genéticos de caprinos brasileiros reflete a adaptação a diferentes sistemas de produção, com predominância de raças locais, que estão em vários níveis de ameaça. Os caprinos brasileiros são predominantemente animais Sem Padrão Racial Definido (SPRD). As raças Moxotó e Canindé são as únicas oficialmente reconhecidas e difundidas no país, existem também grupos menores como Marota, Gurguéia, Azul, Graúna e Repartida. Estes animais sofrem grande influência de raças exóticas, introduzidas para melhorar o desempenho produtivo dessas raças locais.

Estes grupos constituem os ecótipos brasileiros e estão localizados principalmente no Nordeste, onde são criados de forma extensiva e semiextensiva, em sua maioria aliada à agricultura familiar, para a produção de carne, pele e leite.

As raças locais de caprinos brasileiros são um reservatório de diversidade genética que merecem mais atenção das instituições preservacionistas. Assim, é de suma importância a conservação destes recursos genéticos, pois as raças locais possuem identidade única, sendo indispensáveis para os programas de conservação futuros (MADELLA-OLIVEIRA, 2021).

No Brasil, especialmente nas regiões semiáridas do Nordeste, o processo de seleção natural foi fundamental para assegurar a reprodução e sobrevivência dos pequenos ruminantes, dentre os quais estão incluídas as raças caprinas crioulas: Moxotó e Canindé. As habilidades adaptativas adquiridas durante esse processo tornaram esses recursos genéticos importantes reservas de genes para rusticidade (LIMA, 2018).

A formação dos rebanhos caprinos nativos na América do Sul foi resultante de acasalamentos aleatórios entre animais introduzidos pelos colonizadores, portugueses e espanhóis, durante o período da colonização (PRIMO, 2004).

Esses recursos genéticos sofreram ação da seleção natural, ao longo do tempo, adquirindo notável rusticidade, capacidade de sobrevivência e reprodução nas regiões intertropicais. Atualmente, são referenciados como raças nativas, crioulas ou naturalizadas (LIMA, 2018).

A grande variedade de cabras locais representa um importante reservatório genético e que áreas distantes dos centros de domesticação apresenta uma diversidade genética significativa que pode beneficiar os programas de conservação (SILVA et al., 2019).

A conservação desses recursos genéticos representa uma grande contribuição para manutenção da diversidade genética dos animais, que estão adaptados às condições ambientais do

país. Apesar de sua importância, existem poucos conhecimentos sobre a formação, migração e evolução do status genético das raças brasileiras de caprinos locais, sendo, portanto, necessária uma formação mais técnica sobre a diversidade genética dos caprinos brasileiros (CÂMARA et al., 2017).

Passados mais de cinco séculos do início da colonização e introdução das espécies de animais domésticos no Brasil, os criadores não aperfeiçoaram corretamente os recursos genéticos locais que passaram todo esse tempo se adaptando às condições ambientais dos sistemas de produção. Fatores como a introdução de animais de regiões de clima temperado em rebanhos de animais localmente adaptados à região de clima tropical, são rotineiramente discutidos por alguns autores (LOBO et al. 2019) para justificar a diminuição da variabilidade genética e a substituição pelos animais mais produtivos, no entanto, os programas de melhoramento e conservação de recursos genéticos animais, levam em consideração os efeitos negativos in situ que ocorrem nos rebanhos ovinos do Nordeste brasileiro (ARANDAS et al. 2017).

Mesmo com a notória importância científica que esses recursos genéticos apresentam para a humanidade, os programas de conservação a nível estatal não dispõem de material genético criopreservados de todos os grupos genéticos. O que seria, conforme Mariante et al., (2011), a maneira de garantir a conservação do germoplasma de raças raras e ou comercialmente valiosas, uma vez que a conservação in situ não é uma opção sustentável a longo prazo, pois os custos são bastante elevados e geralmente nesses casos, considera-se pequenas populações, o que implicaria também em pouco tempo na perda da diversidade genética.

3.3 Estratégias de convivência com o semiárido

Dentre as medidas para uma melhor convivência com as características ambientais do semiárido, têm-se o uso de recursos genéticos locais (nativos); seleção e melhoramento de raças e grupos genéticos resistentes ao calor e ações de conservação e preservação da diversidade genética, focando principalmente nos grupos ameaçados de extinção devido à diluição do material genético dos rebanhos de forma indiscriminada.

3.3.1 Uso e conservação de recursos genéticos locais

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), incentiva e apoia o manejo dos Recursos Genéticos Animais baseado nas decisões das populações humanas que os detém. O conhecimento local é construído através de experiências adquiridas sobre os atributos genéticos dos rebanhos. Essas práticas são baseadas em critérios locais de escolha dos animais, de acordo com os objetivos de criação (GETACHEW et al., 2010).

O conhecimento e as práticas de manejo adotadas pelos criadores são determinantes e influenciam diretamente na estrutura genética da população e no sistema de produção que esses animais estão inseridos. O conhecimento local é uma importante fonte de informação a ser inserido dentro de programas de melhoramento e conservação de recursos genéticos de animais domésticos, seja na definição de critérios de seleção, na caracterização do sistema de produção, além da possibilidade de investigar o processo de formação da raça alvo do estudo, o que pode contribuir para seu processo de conservação/melhoramento (GEBREYESUS et al., 2013; ABERA et al., 2014; GONZÁLEZ-VÁZQUEZ et al., 2015).

A quase extinção de raças locais consideradas adaptadas foi observada durante os dois últimos séculos, à medida que raças exóticas passaram a ser importadas em grande escala e utilizadas em cruzamentos com a intensão de substituir as raças localmente adaptadas (EGITO et al., 2002).

Essas raças possuem uma grande importância social e econômica. Muitas pesquisas vêm confirmando que as raças localmente adaptadas apresentam características únicas como rusticidade, prolificidade e habilidade para sobreviver em condições de estresse hídrico, alimentar e térmico (COSTA et al., 2015, SILVA et al., 2017). Por isso, deve haver a possibilidade de usar medidas de conservação quando os sistemas de produção ameaçar o uso de recursos genéticos potencialmente valiosos, ou quando houver necessidade de garantia contra perdas súbitas catastróficas (FAO, 2007).

A conservação de recursos zoogenéticos (CRZG) é um termo utilizado para designar ações de preservação e utilização de raças locais, geralmente animais de produção. O termo é oriundo do conceito de conservação de recursos genéticos (CRG), definido pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) como qualquer ação humana que visa preservar, utilizar e desenvolver o material genético que apresenta potencial na produção de alimento e na manutenção de valores culturais e ecológicos (FAO, 2007).

A CRG é uma alternativa para diminuir a perda contínua dos animais devido à degradação ambiental. Esta ação de conservação exige estratégias *in situ* (quando rebanhos de raças locais são conservados em ecossistemas semelhantes aos que foram adaptados) e *ex situ* (quando os rebanhos são mantidos em zoológicos, parques ou unidades de pesquisa localizadas fora do bioma correspondente) (FAO, 2007).

3.3.2 Seleção de raças e grupos genéticos adaptados ao calor

A exposição dos animais ao estresse térmico pode desencadear quedas no desempenho em todos os âmbitos da produção, causando imensos prejuízos aos processos produtivos. Dessa forma, fica evidente a necessidade de incentivo ao uso das raças resistentes ao calor, sejam elas bovinas, caprinas, ovinas, equinas e galináceas nativas do semiárido (FAÇANHA et al., 2013).

Segundo Paim et al., (2013), um sistema de produção deve caracterizar recursos genéticos para que possa ser melhorada a capacidade da raça se adaptar às condições ambientais. Embora existam animais com atributos que amenizem as condições estressantes, estes ainda podem sofrer pressões ambientais em certas épocas do ano, principalmente nas horas mais quentes do dia.

Algumas medidas estratégicas para lidar com esses desafios seriam identificar o período do dia e época do ano mais estressante e associar práticas de manejo e gestão ambiental, permitindo a seleção de animais adaptados e resistentes às altas temperaturas, melhorando o desempenho produtivo, reprodutivo e sanitário. Para isso, consideram-se as formas de adaptação dos animais, quais alterações ocorrem com animais que estão expostos a condição de estresse e quais parâmetros que afetariam as suas funções produtivas (COSTA et al., 2015; SILVA et al., 2017; LEITE et al., 2018).

3.3.3 Conservação e manejo da diversidade genética

O reconhecimento global da necessidade de conservação da diversidade e caracterização genéticas de raças e populações de animais domésticos, incluindo a sua diferenciação e avaliação das relações genéticas existentes, possui o objetivo de identificar populações e/ou raças a conservar prioritariamente e de estabelecer programas de conservação e gestão dos recursos genéticos animais (BARKER *et al.*, 2001). A diversidade ou manutenção da

variabilidade genética entre e intrapopulações de dada espécie é importante tanto na conservação quanto na produção animal. Para Vanzolini (1993), a sistemática é a ciência da biodiversidade.

A manutenção da diversidade genética intra-população é fundamental para sobrevivência das populações naturalizadas e, no caso dos programas de melhoramento genético, a garantia de que se pode estabelecer pressão de seleção e aumento de produção. A variabilidade de dada espécie resulta das variabilidades entre raças (inter-racial) e dentro da raça (intra-racial), ou seja, do número total de raças e da diversidade entre indivíduos de mesma raça. Muitas raças ou tipos locais tendem a diminuir seu tamanho e, até mesmo, desaparecer porque são substituídos por raças de melhor desempenho produtivo, aprimorados por seleção artificial. O conhecimento desta variabilidade se dá comparando indivíduos e populações por meio de alguns artifícios que incluem marcadores de diversidade e técnicas estatísticas. Muitas raças ou tipos locais tendem a diminuir seu tamanho e, até mesmo, desaparecer porque são substituídos por raças de melhor desempenho produtivo, aprimorados por seleção artificial (MACHADO *et al.*, 2009).

Segundo Mariante *et al.* (1999), o programa de conservação dos recursos genéticos brasileiros animais inclui as seguintes etapas: (1) Identificação dos animais através de levantamento do número efetivo dos rebanhos que se encontra em estado avançado de diluição genética, mediante aplicações de questionários aos produtores; (2) Caracterização morfológica dos animais com características quantitativas (altura de cernelha, perímetro torácico, peso, etc.) e qualitativas (cor da pelagem, perfil cefálico, etc.), além da caracterização genética do germoplasma usando marcadores moleculares (RFLP, AFLP, RAPD, microssatélites e etc), mensurando as diferenças entre e dentro das populações e por fim, (3) a avaliação do potencial produtivo dos rebanhos, com dados de produção (carne, leite, pele, pêlos, etc).

3.4 Estratégias de conservação dos recursos genéticos

3.4.1 Conservação in situ

Passados mais de cinco séculos do início da colonização e introdução das espécies de animais domésticos no Brasil, os criadores não aperfeiçoaram corretamente os recursos genéticos locais que passaram todo esse tempo se adaptando às condições ambientais dos sistemas de produção (NUNES, 2020). Fatores como a introdução de animais de regiões de clima temperado em rebanhos de animais localmente adaptados à região de clima tropical, são rotineiramente discutidos por alguns autores (LOBO *et al.* 2019) para justificar a diminuição da

variabilidade genética e a substituição pelos animais mais produtivos, no entanto, os programas de melhoramento e conservação de recursos genéticos animais, levam em consideração os efeitos negativos *in situ* que ocorrem nos rebanhos ovinos do Nordeste brasileiro (ARANDAS et al. 2017).

Essa é considerada a melhor estratégia para a preservação da diversidade biológica, pelo fato de permitir a continuação dos processos evolucionários naturais. Existem varias espécies que ainda não foram nomeadas nem descritas em varias partes do mundo, inclusive no Brasil, e a conservação *in situ* permitirá que se conheça mais dessas espécies para que seja possível desenvolver estratégias de conservação (PRIMACK; RODRIGUES, 2002).

Tendo em vista as diversas condições ambientais de cada nicho ecológico onde estes animais se estabeleceram, foram criados vários Núcleos de Conservação distribuídos por todoo País, na sua maioria, sob a responsabilidade dos centros de pesquisa. O sistema funciona como uma rede onde há integração e a articulação dos Núcleos de Conservação, também denominados Bancos de Germoplasma, que inclui a identificação de novos núcleos/ populações de raças nativas em risco de extinção ou mesmo de raças que já foram consideradas extintas (WETZEL e BUSTAMANTE, 2000; MARIANTE et al., 2000).

A conservação *in situ* pode-se apresentar ineficiente em casos de populações reduzidas ou quando a maioria de indivíduos remanescentes está localizada em áreas desprotegidas. Existem grupos animais que possuem um menor número de espécies e, além disso, para garantir sua sobrevivência, necessitam de espaço – por exemplo, grandes vertebrados. Sendo assim, é provável que as estratégias de conservação *ex situ* sejam a única alternativa para evitar a extinção desses animais (PRIMACK; RODRIGUES, 2002).

3.4.2 Conservação *ex situ*

Segundo Serrano et al. (2000), até o momento a caracterização de rebanhos nativos no Brasil foi feita exclusivamente baseada em características morfológicas e produtivas, as quais são muito influenciadas pelo ambiente. Inclusive, alguns rebanhos nativos, com diferentes nomes e habitando regiões diferentes, possuem fenótipo semelhante, se questionado pertencerem ou não ao mesmo grupo racial ou ecótipo. Além disto, os resultados advindos de pesquisas com marcadores moleculares podem ajudar a selecionar animais para comporem

o banco de germoplasma no núcleo *ex situ*, de modo a aproveitar ao máximo o recurso, explorando a variabilidade e evitando as duplicatas de amostras.

Para os animais, a conservação *ex situ* inclui bancos de germoplasma, zoológicos, criações em cativeiro, fazenda com criação de caça e aquários (PRIMACK e RODRIGUES, 2002). O termo *ex situ in vitro* é utilizado quando o germoplasma é criopreservado, como em bancos de DNA (FAO, 2007).

A criopreservação de germoplasma é uma alternativa que diminui as limitações impostas pelo tempo e pela distancia para a conservação de diversas espécies em risco de extinção (LOSKUTOFF, 1998). Com a criopreservação de germoplasma em botijões denitrogênio líquido a -196 °C, o material biológico mantém quase as mesmas características após o descongelamento (SANTOS, 2000).

O congelamento de gametas, embriões e células somáticas possibilitam o emprego desses germoplasmas em técnicas de reprodução assistida, por exemplo, a transferência de embriões e a inseminação artificial, que permitiriam o aumento de populações *ex situ* e *in situ* (WILSON, 1997).

4 CONCLUSÕES

A conscientização da sociedade e dos criadores a respeito da importância da conservação e o reconhecimento de que estas raças possuem características únicas que devem ser preservadas, visa atender a futuras demandas, e contribui para evitar o desaparecimento das raças nativas. Embora, do ponto de vista econômico, quando comparado às raças melhoradas, as nativas apresentem menor produtividade, não existem dúvidas quanto à sua capacidade de adaptação às condições diversas e muitas vezes adversas dos sistemas produtivos do semiárido.

Por tanto, é clara a necessidade de criação e manutenção de núcleos de conservação, juntamente com estudos contínuos abrangendo à caracterização, conservação e utilização sustentável dos recursos genéticos nativos do semiárido brasileiro, com intuito de fornecer cada vez mais informações sobre a importância desse aporte genético para essa região.

REFERÊNCIAS

- ABERA, B.; KEBEDE, K.; GIZAW, S. Indigenous breeding practices and selection criteria of sheep breed in Selale area, Central Ethiopia. **International Journal of Livestock Research**, v. 4, p. 49–56, 2014.
- ARANDAS, J. K. G. et al. Do traditional sheep breeders perform conscious selection? An example from a participatory breeding program of Morada Nova sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 1479–1487, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1350-4>.
- ASA – ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Semiárido: é no semiárido que a vida pulsa. 2018. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/semiarido>. Acesso em: 5 ago. 2019.
- BARKER, J. S. F.; TAN, S. G.; MOORE, S. S. et al. Genetic variation within and relationship among populations of Asian goats (*Capra hircus*). **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 118, p. 213–233, 2001.
- BRASIL. Meio ambiente: climas e mudanças climáticas. 2013. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br>. Acesso em: 12 out. 2019.
- CÂMARA, T. S. et al. Genetic diversity and relatedness between Canindé and British Alpine goat breeds in Northeastern Brazil accessed by microsatellite markers. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017.
- 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.
- EGITO, A. A. et al. Programa brasileiro de conservação de recursos genéticos animais. **Archivos de Zootecnia**, v. 51, p. 39–52, 2002.
- FAÇANHA, D. A. E. et al. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 91–103, 2013.
- FAO. The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome: FAO, 2007.
- GEBREYESUS, G.; HAILE, A.; DESSIE, T. Breeding scheme based on community-based participatory analysis of local breeding practices, objectives and constraints for goats around Dire Dawa, Ethiopia. **Livestock Research for Rural Development**, v. 25, n. 3, 2013.
- GETACHEW, T.; HAILE, A.; TIBBO, M. Herd management and breeding practices of sheep owners in a mixed crop-livestock and a pastoral system of Ethiopia. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, p. 685–691, 2010.
- GONZÁLEZ-VÁZQUEZ, J. A. et al. Criterios de selección empleados en ovinos de reemplazo en sistemas tradicionales de la sierra norte de Puebla. **AICA**, v. 286, p. 293–296, 2015.
- LEITE, J. H. G. M. et al. Locally adapted Brazilian ewes with different colors maintain homeothermy during the year in a equatorial semiarid environment. **International Journal of Biometeorology**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1563-x>.

- LIMA, L. G. Diversidade genética, estrutura populacional e associação de regiões cromossômicas com a prolificidade em *Capra hircus*. 2018. 140 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
- LOBO, R. N. B. Opportunities for investment into small ruminant breeding programmes in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbg.12396>.
- LOSKUTOFF, N. M. Biology, technology and strategy of genetic resource banking in conservation programs for wildlife. In: **Gametes: Development and Function**. 1998. p. 275–286.
- MACHADO, T. M. M.; PIRES, L. C.; ARAÚJO, A. M. Conservação e melhoramento genético de caprinos com o auxílio de caracteres morfológicos e biométricos. In: Caprinos e ovinos: tecnologias para produção lucrativa no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2009.
- MARIANTE, A. S. et al. Situação atual da conservação de recursos genéticos animais no Brasil. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2., 1999, Brasília. Anais [...]. Brasília: SIRGEALC, 1999.
- MARIANTE, A. S. Plano mundial de ação sobre os recursos genéticos animais da FAO. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RAÇAS NATIVAS, 1., 2015, Teresina. Anais [...]. Teresina, 2015.
- MARIANTE, A. S.; ALBUQUERQUE, M.; RAMOS, A. F. Criopreservação de recursos genéticos animais brasileiros. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 35, n. 2, p. 64–68, 2011.
- MARIANTE, A. S. et al. Conservation of animal genetic resources: structure of the Brazilian network. In: GLOBAL CONFERENCE ON CONSERVATION OF DOMESTIC ANIMAL GENETIC RESOURCES, 5., 2000, Brasília. Anais [...]. Brasília: Embrapa, 2000.
- MARENGO, J. A. et al. Riscos das mudanças climáticas no Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br>. Acesso em: 12 out. 2019.
- NUNES, S. F. Caracterização fenotípica e diversidade genética de ovinos da raça Morada Nova variedade branca. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.
- PAIM, T. P. et al. Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. **International Journal of Biometeorology**, v. 57, p. 59–66, 2013.
- PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Primeiro relatório de avaliação nacional. 2013. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br>. Acesso em: 12 out. 2019.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da conservação. Londrina: Planta, 2002.
- PRIMO, A. T. América: conquista e colonização. Porto Alegre: Movimento, 2004.
- SANTOS, I. R. I. Criopreservação: potencial e perspectivas para a conservação de germoplasma vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 70–84, 2000.
- SERRANO, G. M.; MCMANUS, C.; EGITO, A. A. Use of RAPD molecular markers in the genetic characterization of native Brazilian cattle breeds. In: GLOBAL CONFERENCE ON

CONSERVATION OF DOMESTIC ANIMAL GENETIC RESOURCES, 5., 2000, Brasília. Anais [...]. Brasília: Embrapa, 2000.

SILVA, W. E. et al. Daily rhythmicity of the thermoregulatory responses of locally adapted Brazilian sheep in a semiarid environment. **International Journal of Biometeorology**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1300-2>.

SILVA, N. M. V. et al. Genetic relationships between local Brazilian goat breeds based on mtDNA D-loop region similarity. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 17, p. e0407, 2019.

VANZOLINI, P. E. Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica. São Paulo: Hucitec, 1993.

WETZEL, M. M. V.; BUSTAMANTE, P. G. Sistema de curadoria de germoplasma. Brasília: Embrapa, 2000.

WILSON, E. O. Biodiversidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.



**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 4

**Erva-cidreira (*Lippia alba*) como aditivo fitogênico na alimentação de
codornas japonesas: efeitos sobre desempenho produtivo, qualidade de ovos e
parâmetros leucocitários**

**Lemon balm (*Lippia alba*) as a phytogenic additive in the diet of Japanese quails: effects on
productive performance, egg quality and leukocyte parameters**

**Ariádne de Barros Carvalho¹; Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Marcelo Helder Medeiros
Santana²; Matheus Ramalho de Lima³; Tatiana Gouveia Pinto Costa²; Jaime Miguel de
Araújo Filho²; Davi Nogueira Maciel Alves²; Amélia Lizziane Leite Duarte²; Rosângela
Maria Nunes da Silva¹; Talícia Maria Alves Benício⁴; Fabíola Franklin de Medeiros¹**

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

² Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Sousa, Sousa-PB, Brasil.

³ Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, Brasil.

⁴ Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Augustinópolis-TO, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c04>

RESUMO

A codorna japonesa é uma ave de pequeno porte e com curto período de produção, sendo considerada uma alternativa atrativa para atender à crescente demanda por proteína animal.

Contudo, o uso de antibióticos melhoradores de desempenho pode deixar resíduos na carne e nos ovos. Como alternativa, aditivos fitogênicos podem ser utilizados para favorecer o desenvolvimento de bactérias benéficas no trato gastrointestinal, contribuindo para melhorar a digestão e a absorção de nutrientes ingeridos. Objetivou-se avaliar o efeito da adição de diferentes concentrações de erva-cidreira (*Lippia alba*), utilizada como aditivo fitogênico, sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovos e a contagem diferencial de leucócitos de codornas japonesas criadas no semiárido. O experimento foi realizado no setor avícola do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Sousa-PB, no período de junho a setembro de 2022. Foram utilizadas 80 codornas japonesas com 80 dias de idade, padronizadas por produção e peso corporal. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, contendo cinco aves por parcela. O período experimental teve duração de 88 dias, distribuídos em quatro ciclos de 22 dias. A erva-cidreira desidratada foi utilizada como aditivo fitogênico em quatro níveis de inclusão na alimentação das aves (0%; 0,3%; 0,6% e 0,9%). Foram avaliadas variáveis de desempenho e qualidade dos ovos. Para a análise estatística dessas variáveis utilizou-se análise de regressão por meio do programa SAS. Para determinação da contagem diferencial leucocitária foram realizadas duas coletas de sangue, com confecção de esfregaço sanguíneo. As contagens diferenciais de leucócitos foram submetidas à análise de variância e ao teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, com auxílio do programa estatístico R. Observou-se efeito linear decrescente significativo para a conversão alimentar por dúzia de ovos, bem como efeito quadrático para a conversão alimentar por massa de ovos. Houve efeito quadrático significativo para a altura do albúmen e efeito linear decrescente para a porcentagem de albúmen. Também foi observado efeito quadrático para a Unidade Haugh. A inclusão de erva-cidreira apresentou efeito positivo sobre a conversão alimentar por dúzia de ovos e efeito benéfico sobre a altura do albúmen, sendo possível estimar exigência de inclusão em 0,501%, além de influenciar a coloração da gema, observando-se maior intensidade de cor com o aumento dos níveis da erva na dieta. Houve ainda efeito significativo para a Unidade Haugh, com estimativa de exigência em 0,495%. Recomenda-se a utilização de 0,5% de erva-cidreira (*Lippia alba*) desidratada como aditivo fitogênico na alimentação de codornas japonesas em fase de postura. A adição de diferentes concentrações de erva-cidreira desidratada não influenciou a contagem diferencial leucocitária nem a relação heterófilos:linfócitos de codornas japonesas criadas no semiárido.

Palavras-chave: Coturnicultura; extrato herbal; hematologia; índice de gema; produção de ovos.

ABSTRACT

Japanese quail is a small bird species with a short production cycle and is considered an attractive alternative to meet the growing demand for animal protein. However, the use of antibiotic growth promoters may leave residues in meat and eggs. As an alternative, phytogenic additives can be used to promote the development of beneficial bacteria in the gastrointestinal tract, improving digestion and nutrient absorption. The objective of this study was to evaluate the effect of adding different concentrations of lemon balm (*Lippia alba*), used as a phytogenic additive, on productive performance, egg quality and differential leukocyte count of Japanese quails raised in the semi-arid region. The experiment was carried out in the poultry sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba – Sousa Campus, from June to September 2022. Eighty Japanese quails, 80 days of age, standardized by production and body weight, were used. The experimental design was completely randomized, with four treatments and four replicates containing five birds per experimental unit. The experimental period lasted 88 days, divided into four cycles of 22 days. Dehydrated lemon balm was used as a phytogenic additive at four inclusion levels in the diets (0%; 0.3%; 0.6% and 0.9%). Performance and egg quality variables were evaluated. Regression analysis was used for statistical evaluation using the SAS software. To determine the differential leukocyte count, two blood collections were performed with preparation of blood smears. Differential leukocyte counts were subjected to analysis of variance and Tukey's test at a 5% significance level using the R statistical software. A significant decreasing linear effect was observed for feed conversion per dozen eggs, as well as a quadratic effect for feed conversion per egg mass. There was a significant quadratic effect for albumen height and a decreasing linear effect for albumen percentage. A quadratic effect was also observed for the Haugh Unit. The inclusion of lemon balm showed a positive effect on feed conversion per dozen eggs and a beneficial effect on albumen height, with an estimated requirement of 0.501%. In addition, yolk color increased with higher levels of lemon balm inclusion in the diet. A significant effect was also observed for the Haugh Unit, with an estimated requirement of 0.495%. The use of 0.5% dehydrated lemon balm (*Lippia alba*) as a phytogenic additive in the diet of Japanese quails in the laying phase is recommended. The inclusion of different concentrations of dehydrated lemon balm

did not influence the differential leukocyte count or the heterophil:lymphocyte ratio of Japanese quails raised in the semi-arid region.

Keywords: Coturniculture; herbal extract; hematology; yolk index; egg production.

INTRODUÇÃO

A codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) é uma ave de pequeno porte e com curto período de produção, considerada alternativa atraente para atender à crescente demanda por proteína animal (CULLERE et al. 2018). Dentre as características que tornam atrativa a atividade estão: pequeno porte das aves, adaptabilidade, possibilidade de criação em pequenas áreas, custo relativamente baixo para implantação. Os hábitos e o manejo das codornas são semelhantes aos das galinhas. Entretanto, não precisam de grande espaço para reproduzir e botar ovos, o consumo alimentar é baixo em relação às galinhas, podendo ser criadas em pequenos viveiros em grupos.

Na indústria avícola, o uso de antibióticos melhoradores de desempenho incluídos nas dietas em doses subterapêuticas é uma prática antiga, que remete a década de 1940 (GADDE et al., 2018). No entanto, a tendência mundial é retirar esses produtos da alimentação animal, pois podem deixar resíduos na carne e nos ovos, resultando em resistência bacteriana.

Aditivos de ervas ou especiarias são conhecidos como aditivos fitogênicos. Esses têm função semelhante aos antibióticos e são utilizados para o desenvolvimento de bactérias benéficas no trato gastrointestinal para melhorar a digestão e absorção de nutrientes ingeridos e, portanto, o rendimento e a saúde das aves (FERNANDES et al., 2015).

Os aditivos derivados de plantas tornaram-se objeto de atenção em vários estudos sobre alimentação animal. Eles são caracterizados por substâncias derivadas de plantas que apresentam baixa toxicidade e não deixam resíduos, tornando-os ideais para a alimentação animal em comparação com os antibióticos sintéticos (MADHUPRIYA et al., 2018). A erva-cidreira, planta comumente utilizada como fitoterápico, apresenta características potenciais para o desenvolvimento de pesquisas sobre o efeito do seu uso como aditivo fitogênico.

A *Lippia Alba*, popularmente conhecida como erva-cidreira, pertence à família Verbenaceae e está amplamente distribuída na América do Sul, América Central e África. Caracterizada por grande diversidade fitoquímica, principalmente do grupo dos terpenos, trata-se de uma planta muito utilizada na medicina popular para tratar doenças gastrointestinais e

respiratórias. Além disso, é usada como antiespasmódico, antipirético, anti-inflamatório, antidiarréico, analgésico e sedativo (PEIXOTO et al., 2015).

Dada a importância do uso da *Lippia alba*, ainda são necessários estudos biológicos adicionais para as várias indicações desta planta. Portanto, objetivou-se avaliar a influência da adição de diferentes concentrações de *Lippia alba*, como aditivo fitogênico, sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e sobre a contagem diferencial de leucócitos de codornas japonesas, em postura, no semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de avicultura do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - campus Sousa-PB. O município fica localizado a uma altitude de 220 m, a uma latitude 06° 45' 33" S e longitude de 38° 13' 41" W. O Clima é classificado como quente e seco do tipo BSh (conforme classificação de Koppen), com temperatura média compensada anual de 26,6°C e média de precipitação de 1050,2 mm ano⁻¹ (INMET, 2010), entre os meses de junho e setembro de 2022.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com animais da referida instituição sob o protocolo de número 01.0462.2017.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e quatro repetições contendo cinco aves por parcela. O período experimental teve duração de 88 dias, sendo quatro ciclos de 22 dias.

Foram utilizadas 80 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com idade de 80 dias de vida, uniformizadas por produção e peso corporal (315,6 g em média). As aves foram distribuídas em gaiolas de arame galvanizado, medindo 50 cm x 35 cm, equipadas com bebedouros de pressão infantil e comedouros tipo calha.

As aves foram submetidas, durante todo o período experimental, à condições semelhantes de manejo e alimentação com água e ração fornecidos *ad libitum*.

Utilizou-se a erva-cidreira (*Lippia alba*) desidratada como aditivo fitogênico em 4 níveis (tratamentos) na ração das aves (0%; 0,3%; 0,6% e 0,9%).

A erva-cidreira foi coletada na zona rural de Sousa e Patos - PB. A parte aérea da planta foi submetida à pré-secagem em estufa de circulação de ar forçada à 55 °C por 72 horas para

determinação do teor de matéria parcialmente seca. Após a pré-secagem as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey com peneiras com crivos de 1mm. Em seguida, a erva-cidreira em pó foi acondicionada em frascos de vidro hermeticamente fechados, identificados para análises dos teores de matéria seca definitiva (MS), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) e Extrato Etéreo (EE), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), de acordo com metodologia proposta por Van Soest (1994). As análises foram realizadas no laboratório de nutrição animal do IFPB – campus Sousa (Tabela 1).

TABELA 1 – Composição química da erva-cidreira (*Lippia alba*) desidratada, utilizada nas rações para codornas japonesas.

MS (%)	MO (%)	MM (%)	NT (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)
91,39	93,47	6,53	0,42	2,64	61,76	50,36	1,01

Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT) proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) e Extrato Etéreo (EE).

As rações foram formuladas de acordo com as recomendações de Silva e Costa (2009), para atendimento das exigências nutricionais de codornas japonesas em postura. Na Tabela 2 é apresentada a composição e os níveis nutricionais calculados das rações que foram utilizadas durante os quatro ciclos de produção de ovos. Essas dietas foram elaboradas de modo a garantir o adequado fornecimento de nutrientes essenciais às aves ao longo do período experimental.

Dessa forma, buscou-se manter o equilíbrio nutricional das formulações, assegurando condições adequadas para a avaliação dos efeitos da inclusão da erva-cidreira nas dietas.

O programa de luz utilizado foi de 17 horas de luz/dia (12 natural e 5 artificial) durante todo o período experimental.

Para a caracterização bioclimática foram realizadas leituras diárias, a cada 10 minutos, para a mensuração do Índice de temperatura e umidade (ITU) e Índice de Termômetro de Globo e Umidade (ITGU), por meio de dois data loggers, durante os 88 dias de avaliação. Os equipamentos foram instalados na altura da linha das gaiolas, posicionando-os na direção das aves. Foram realizadas as seguintes medições: temperatura ambiente, temperatura de globo negro e umidade relativa ar. A temperatura de globo negro foi mensurada a partir de termômetros de globo negro

acoplados a um datalogger, enquanto que a umidade relativa do ar foi medida através de data logger.

TABELA 2 – Composição química e níveis nutricionais calculados nas dietas à base de milho e farelo de soja com a inclusão de 0%; 0,3%; 0,6% e 0,9% de erva-cidreira desidratada.

Ingredientes (g kg⁻¹)	Níveis de inclusão de erva-cidreira			
	0%	0,3%	0,6%	0,9%
Milho	53,721	53,677	53,057	52,437
Farelo de soja	33,420	33,028	33,132	33,236
Calcário	5,506	5,503	5,501	5,499
Núcleo comercial ¹	4,000	4,000	4,000	4,000
Óleo de soja	2,195	2,299	2,513	2,726
Farinha de carne e osso	0,339	0,356	0,362	0,367
Sal comum	0,326	0,326	0,327	0,327
Bicarbonato de sódio	0,276	0,276	0,276	0,276
DL – metionina	0,146	0,150	0,151	0,152
L- lisina	0,071	0,083	0,081	0,079
Erva-cidreira	0,000	0,300	0,600	0,900
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00
NUTRIENTES				
Cálcio (g kg ⁻¹)	30,500	30,500	30,500	30,500
Cloro (%)	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	2800,0000	2800,0000	2800,0001	2800,0000
Fósforo disponível (%)	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800
Lisina digestível (%)	1,0300	1,0300	1,0300	1,0300
Metionina + cistina digestíveis (%)	0,7000	0,7000	0,7000	0,7000
Proteína Bruta (%)	20,000	19,8422	19,8376	19,8330
Sódio (%)	0,2300	0,2300	0,2300	0,2300
Treonina digestível	0,6761	0,6700	0,6700	0,6700

¹ Umidade (máx) 130,00 g kg⁻¹, Proteína bruta (mín) 250,00 g kg⁻¹, Extrato etéreo (mín) 40,00 g kg⁻¹, Fibra bruta (mín) 2.000,00 mg kg⁻¹, Matéria mineral (máx) 700,00 g kg⁻¹, Cálcio (mín) 130,00 g kg⁻¹, Cálcio (máx) 150,00 g kg⁻¹, Fósforo (mín) 45,00 g kg⁻¹, Sódio (mín) 33, 00 g kg⁻¹, Ferro (mín) 640,00 mg kg⁻¹, Cobalto (mín) 4,30 mg kg⁻¹, Vitamina A (mín) 160.00,00 UI kg⁻¹, Vitamina D3 (mín) 40.000,00 UI kg⁻¹, Vitamina E (mín) 300,00 UI kg⁻¹, Vitamina

K3 (mín) 39,80 mg kg⁻¹ , Vitamina B1 (mín) 19,80 mg kg⁻¹, Vitamina B2 (mín) 80,00 mg kg⁻¹, Niacina (mín) 199,90 mg kg⁻¹, Ácido pantotênico (mín) 199,90 mg kg⁻¹, Vitamina B6 (mín) 59,78 mg kg⁻¹, Vitamina B12 (mín) 160,00 mcg kg⁻¹, Colina (mín) 5.370,00 mg kg⁻¹, Metionina (mín) 15,50 g kg⁻¹, Lisina (mín) 12,20 g kg⁻¹, Fitase (mín) 5.000,00 ftu kg⁻¹

Foram avaliados os seguintes índices bioclimáticos: ITU e ITGU, conforme equações abaixo: $ITU = 0,72 (Tbs + Tbu) + 40,6$ em que: Tbs = temperatura de bulbo seco (°C); e Tbu = temperatura de bulbo úmido (°C), conforme Thom (1959); $ITGU = Tgn + 0,36 (Tpo) + 41,5$ em que: Tgn = temperatura de globo negro (°C); e Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C), conforme Buffington et al. (1981).

TABELA 3 - Valores de temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR), índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) obtidos durante experimento com codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes concentrações de erva-cidreira na ração.

HORA	TBS	UR	ITU	ITGU
MADRUGADA – 00h:00min à 06h:00min	23,728	69,623	71,865	71,851
MANHÃ – 06h:01min à 12h:00min	26,190	62,674	74,722	75,338
TARDE – 12h:01min à 18h:00min	30,931	47,835	78,974	80,266
NOITE – 18h:01min à 23h:59min	26,887	59,059	75,243	75,838

Foram determinadas as médias das variáveis bioclimáticas para os horários: Madrugada (00h:00min à 06h:00min), manhã (06h:01min à 12h:00min), tarde (12h:01min à 18h:00min) e noite (18h:01min à 23h:59min). Tabela 3.

Para analisar o desempenho das aves avaliou-se: o consumo de ração, realizado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras. Para calcular a conversão alimentar por massa de ovos produzidos dividiu-se o total de ração consumida pelo peso dos ovos produzidos, sendo expressa em gramas de ração por grama de ovo (g g⁻¹). A conversão alimentar por dúzia de ovo calculando o consumo médio (Kg) de ração dividindo-se por doze.

O percentual de postura e viabilidade comercial, foi calculado, contados o número de ovos íntegros, quebrados, trincados, com casca fina, sem casca, deformados, duas vezes ao dia para o cálculo de percentual de postura, com registros em planilhas próprias.

Para avaliar a qualidade de ovos, nos três últimos dias de cada fase do experimento foram coletados três ovos íntegros de cada parcela para determinação dos parâmetros de qualidade externa e interna.

Para determinação da qualidade externa foram avaliados os parâmetros a seguir: O peso médio dos ovos foi calculado utilizando-se o valor do peso total obtido pela pesagem de todos os ovos em balança de precisão de 0,01 g em relação ao número de ovos por parcela. Para o cálculo do peso das cascas, as cascas utilizadas foram quebradas ao meio, incluindo a membrana interna, lavadas em água corrente, secas em temperatura ambiente (por 24 a 48 horas) e novamente pesadas em balança de precisão de 0,01g. A Espessura de casca, incluindo as membranas foi obtida pelo valor médio de três pontos diferentes, nos dois polos e na região lateral do ovo, com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Para cálculo da gravidade específica, todos os ovos íntegros produzidos por parcela foram submetidos à determinação da qualidade externa por meio da gravidade específica (g ml^{-1}) pelo método de imersão dos ovos em solução salina. As gravidades das soluções foram aferidas com a utilização de um densímetro de petróleo, sendo o intervalo de densidade de 1.060 g/ml a 1.085 g/ml (GARCIA et al., 2010).

Para a determinação da qualidade interna foram avaliados os seguintes parâmetros: Peso de gema, foi coletado aleatoriamente, os ovos foram quebrados e suas gemas separadas manualmente e pesadas em balança de precisão de 0,01g. Peso do albúmen, foi obtido pela diferença entre peso dos ovos e dos pesos de casca e de gema. Altura e o diâmetro de gema, foram obtidos por um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Índice de gema, calculado pela relação entre a largura e a altura da gema (SILVA, 2004). Cor de gema, utilizou-se um leque colorimétrico da Roche® (escore de 1 a 16). Porcentagem de gema, foram obtidas considerando o peso total do ovo e o peso da gema. Altura e o diâmetro de albúmen, foram obtidos com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Porcentagem de albúmen, foi determinada por diferença: $100 - (\% \text{ de gema} + \% \text{ de casca})$, conforme metodologia descrita por (SANTOS et al., 2009) e Unidade Haugh, obtida pela fórmula $UH = 1\text{mm} \times \log (H - 1,7 P^{0,37} + 7,6)$, sendo H a altura do albúmen (mm) e P o peso do ovo inteiro (g).

Para determinação da contagem diferencial leucocitária foram realizadas duas coletas de sangue, sendo a primeira no dia 28/07/2022 e a segunda dia 05/09/2022. As amostras de sangue foram obtidas por punção da veia metatársica medial, em seringas de 1 mL, em uma ave de cada

parcela. As contagens diferenciais de leucócitos foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária do Hospital Veterinário do IFPB Campus Sousa – PB.

Na contagem diferencial de leucócitos foram confeccionados esfregaços sanguíneos, corados com corante Panótico (Laborclin-produtos para laboratórios LTDA, Pinhais-PR), identificando-se as células em microscópio com objetiva de imersão a óleo (100X), conforme descrito por Thrall, 2015. Os leucócitos foram classificados de acordo com suas características morfológicas e tintoriais, e o resultado, obtido em percentual de cada tipo celular.

A relação heterófilo: linfócito foi obtida dividindo-se o número de heterófilos pelo número de linfócitos.

As análises relativas à contagem diferencial de leucócitos e relação heterofilos:linfócito foram submetidas a análise de variância e teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, com o auxílio do programa estatístico R.

Para a análise estatística de desempenho e qualidade dos ovos foi utilizada a análise de regressão por meio do programa estatístico computacional SAS (SAS Institute, 2011), a fim de estimar o melhor nível de inclusão do aditivo de modo a considerar o valor de R^2 a resposta biológica das aves.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho e produção de ovos das codornas japonesas alimentadas com níveis crescentes de erva-cidreira nas rações foram descritos na Tabela 4. Esses resultados permitem avaliar o efeito da inclusão do aditivo fitogênico sobre variáveis produtivas e de eficiência alimentar das aves ao longo do período experimental.

De modo geral, a avaliação dessas variáveis é importante para verificar possíveis alterações no desempenho produtivo das codornas, bem como identificar tendências de resposta à suplementação dietética com erva-cidreira (*Lippia alba*). A análise conjunta desses parâmetros permite compreender de forma mais ampla o impacto nutricional do aditivo sobre o sistema produtivo.

Observa-se que as variáveis analisadas apresentaram comportamentos distintos em função dos níveis de inclusão de erva-cidreira na dieta. A taxa de postura apresentou tendência de aumento conforme a elevação da concentração do aditivo, indicando possível efeito positivo da suplementação fitogênica sobre o desempenho produtivo das aves.

TABELA 4 – Efeito dos tratamentos sobre Taxa de postura (%), Ovos Sujos (%), Ovos Trincados (%), Consumo (g/ave/dia), Conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dúzia) e Conversão alimentar por massa de ovos (kg kg⁻¹) de codornas japonesas alimentadas com diferentes concentrações de *Lippia alba* na dieta.

Variáveis	Adição de erva-cidreira (%)				Equação
	0	0,3	0,6	0,9	
Taxa de postura (%)	84,0253	87,0557	88,8123	90,1791	
Ovos Sujos (%)	1,4886	1,1779	0,8408	1,2639	
Ovos Trincados (%)	0,8489	0,8995	1,0577	0,1692	
Consumo de ração (g/ave/dia)	30,9010	31,8104	30,4648	31,3063	
Conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dúzia)	0,4361	0,4175	0,3956	0,3940	$y = -0,0495x + 0,433$ $R^2 = 0,9166$
Conversão alimentar por massa de ovos (kg kg ⁻¹)	2,3206	2,2934	2,7434	2,2975	$y^2 = -1,163x^2 + 1,1736x + 2,252$, $R^2 = 0,3514$

Foram observados, com relação aos dados de desempenho (Tabela 4) que houve efeito linear decrescente significativo ($P < 0,01$) para a conversão alimentar por dúzia de ovos ($y = -0,0495x + 0,433$, $R^2 = 0,9166$) (Figura 1), bem como efeito quadrático ($P < 0,05$) para a conversão por massa de ovos ($y^2 = -1,163x^2 + 1,1736x + 2,252$, $R^2 = 0,3514$), sendo possível estimar o melhor nível de inclusão da erva-cidreira como aditivo fitogênico em 0,504% na ração.

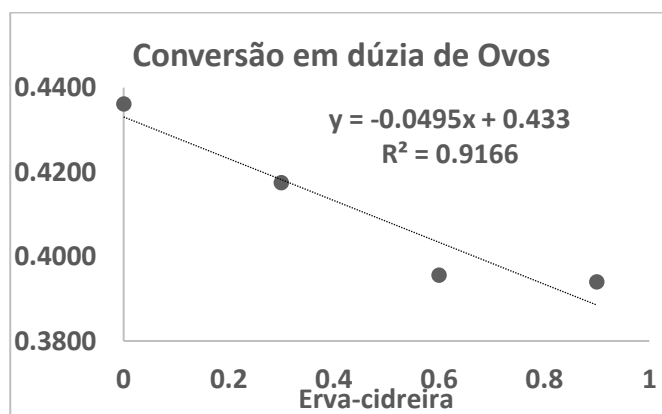


FIGURA 1 – Efeito da inclusão de erva-cidreira na ração de codornas sobre a conversão em dúzia de ovos

O possível mecanismo de ação dos componentes botânicos podem ser suas propriedades antioxidantes, resultando em melhor aproveitamento da ração. Como resultado, a digestibilidade da energia e da proteína é melhorada, o que otimiza o desempenho da produção de ovos de codornas (SULTAN et al., 2015).

Para as variáveis Taxa de postura (%), Ovos Sujos (%), Ovos Trincados (%) e Consumo (g/ave/dia), não houve efeito estatístico significativo (Tabela 4).

Os resultados de qualidade de ovos das codornas japonesas alimentadas com níveis crescentes de erva-cidreira nas rações foram descritos na Tabela 5.

Houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) para a altura do albúmen ($y = -1,3848x^2 + 1,3897x + 5,1263$; $R^2 = 0,869$), sendo possível estimar a exigência em 0,501%. Tal achado infere que a suplementação com erva-cidreira pode melhorar a qualidade do ovo.

A influência da erva-cidreira sobre a conversão alimentar pode ter promovido melhor aporte nutricional para renovação das células do epitélio secretor de albúmen no magno. Outro mecanismo provável é a proteção do epitélio do magno através das propriedades antibacterianas da erva-cidreira, conferindo inibição da colonização do oviduto por bactérias patogênicas. Além disso, compostos bioativos presentes na planta podem contribuir para a manutenção da integridade do epitélio glandular, favorecendo o funcionamento adequado das estruturas responsáveis pela secreção do albúmen. Esse efeito pode estar associado à presença de metabólitos secundários com atividade antimicrobiana e antioxidante, os quais auxiliam na manutenção da saúde do trato reprodutivo das aves. Houve efeito significativo para índice de gema (Tabela 5) pela inclusão de *Lippia alba*, apresentando efeito ($P < 0,05$) linear decrescente ($y = -0,0201x + 0,4105$; $R^2 = 0,542$). De acordo com Genchev (2012), o índice de gema dos ovos frescos varia entre 0,38- 0,52, valores que são semelhantes aos que foram encontrados neste estudo, mostrando que a qualidade da gema não foi influenciada pelas dietas experimentais mesmo com a redução do índice de gema.

Houve efeito linear ($P < 0,05$) decrescente para porcentagem de albúmen ($y = -1,7508x + 54,121$; $R^2 = 0,903$) (Tabela 5). Possivelmente houve diminuição do albúmen pelo aumento de porcentagem da gema.

Houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) para a Unidade Haugh ($y = -6,9398x^2 + 6,8775x + 91,871$; $R^2 = 0,885$), sendo possível estimar a exigência em 0,495%. Esse resultado era esperado, uma vez que o valor de unidades Haugh é obtido a partir de uma equação matemática que correlaciona o peso do ovo com altura do albúmen.

A Unidade Haugh é uma importante medida da qualidade interna dos ovos, e segundo USDA (2000), ovos acima de 72 possuem qualidade excelente e, no presente trabalho, todos os ovos mantiveram-se acima dessa faixa. Para as variáveis Peso do ovo (g), Peso do albúmen (g), Altura da gema (mm), Peso da casca (g), Espessura da casca (mm), Gema (%), Casca (%) e Gravidade específica não houve efeito estatístico significativo.

TABELA 5 – Efeito dos tratamentos sobre as variáveis de qualidade de ovo de codornas japonesas alimentadas com diferentes concentrações de *Lippia alba* na dieta.

Variáveis	Adição de erva-cidreira (%)				Equação
	0	0,3	0,6	0,9	
Peso do ovo (g)	13,3045	13,1582	13,4336	13,5063	
Altura do albúmen (mm)	5,1031	5,4881	5,3921	5,2785	$y = -1,3848 x^2 + 1,3897x + 5,1263$; $R^2 = 0,869$
Peso do albúmen (g)	7,2268	7,2120	7,1009	7,1299	
Diâmetro da gema (mm)	5,2167	5,3485	5,4018	5,4387	$y = 0,6844x + 24,539$; $R^2 = 0,684$
Altura da gema (mm)	24,5058	24,6638	25,2106	25,0080	
Cor da gema	6,6563	6,7847	7,1302	7,2431	$y = 0,702x + 6,6377$; $R^2 = 0,956$
Peso da casca (g)	1,1412	1,1305	1,1382	1,1290	
Espessura da casca (mm)	0,4591	0,4674	0,4780	0,4686	
Albúmen (%)	54,2903	53,4631	52,8275	52,7514	$y = -1,7508 x + 54,121$; $R^2 = 0,903$
Gema (%)	39,3842	39,7256	39,8660	39,9924	
Casca (%)	8,7098	8,5566	8,4930	8,3633	
Gravidade específica	1,0715	1,0700	1,0684	1,0689	
Índice de gema	0,4117	0,4080	0,3881	0,3982	$y = -0,0201x + 0,4105$; $R^2 = 0,5423$
Unidade Haugh	91,7642	93,6282	93,1797	92,5454	$y = -6,9398x^2 + 6,8775x + 91,871$; $R^2 = 0,885$

Houve efeito linear crescente para cor da gema ($P<0,01$) Figura 2, e diâmetro de gema ($P<0,05$). A presença de carotenoides na dieta afeta a intensidade da cor da gema (SEIBEL et al., 2010). Tal resultado evidencia a presença de carotenoides na erva-cidreira.

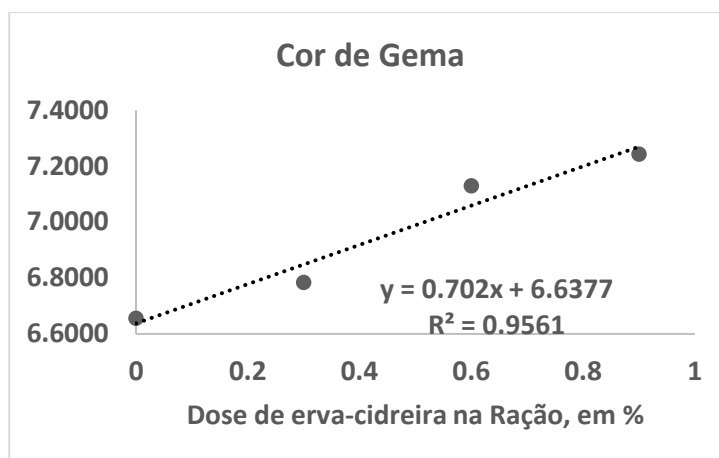


FIGURA 2 – Efeito da inclusão de erva-cidreira na ração de codornas sobre a cor da gema

Na Tabela 6 são apresentadas as médias dos valores relativos (%) de linfócitos, eosinófilos, heterófilos, monócitos, basófilos e relação heterófilos: linfócitos de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes concentrações de erva-cidreira na ração.

Conforme observado na Tabela 6, não houve diferenças significativas ($p>0,05$), entre os tratamentos e coletas, para as variáveis heterófilos, linfócitos, monócitos, eosinófilos e relação heterófilo: linfócito.

Os resultados obtidos neste trabalho foram valores relativos de linfócitos inferiores à referência proposta por Thrall (2015), que descreve a faixa de normalidade de 50 % a 70 % de linfócitos para codornas. Este resultado, aparentemente, não possui relação com a inclusão de erva-cidreira na ração pois, os valores encontrados nos tratamentos com diferentes níveis não diferiram significativamente ($p<0,05$) dos valores do tratamento controle.

Segundo Nordi (2007), o número de linfócitos diminui em aves nas condições de estresse, devido à liberação de corticosterona. Essas variações possivelmente ocorreram devido ao estresse por calor nos animais avaliados no presente estudo.

Similarmente, Porto et al. (2020), em pesquisa sobre codornas japonesas submetidas ao estresse crônico por calor, encontraram redução no número de linfócitos em codornas criadas em

alta temperatura ambiente, concluindo que o estresse térmico por calor após 10 dias de idade pode causar imunossupressão.

TABELA 6 – Valores relativos (%) das variáveis leucocitárias e a relação heterófilo:linfócito de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes concentrações de erva-cidreira na ração.

Variáveis leucocitárias	Coleta	Níveis			
		0%	0,3%	0,6%	0,9%
Heterófilos %	1	39 ± 1,08	47,75 ± 5,09	39,75 ± 3,17	40 ± 1,22
	2	42 ± 0,91	43,25 ± 1,49	40,25 ± 1,44	41,25 ± 2,5
	Médias	40,5 ± 0,87	45,5 ± 2,6	40 ± 1,61	40,62 ± 1,31
Linfócitos %	1	50,25 ± 1,89	44 ± 4,38	47,5 ± 2,18	48,5 ± 1,66
	2	47,75 ± 0,75	49 ± 0,41	48,75 ± 1,49	48,75 ± 2,5
	Médias	49 ± 1,05	46,5 ± 2,24	48,12 ± 1,25	48,62 ± 1,39
Monócitos %	1	2,25 ± 0,48	1,25 ± 0,48	2 ± 0,41	2,75 ± 0,63
	2	3,75 ± 0,63	2,75 ± 0,63	3,75 ± 0,48	2,75 ± 1,18
	Médias	3 ± 0,46	2 ± 0,46	2,88 ± 0,44	2,75 ± 0,62
Basófilos %	1	3 ± 0,71	2,25 ± 0,63	3 ± 0,91	4,75 ± 0,25
	2	3,5 ± 0,87	2 ± 0,41	3,75 ± 0,85	3,75 ± 1,03
	Médias	3 ± 0,46	2 ± 0,46	2,88 ± 0,44	2,75 ± 0,62
Eosinófilos %^a	1	3,25 ± 0,53 ^{AB}	2,12 ± 0,35 ^B	3,38 ± 0,6 ^{AB}	4,25 ± 0,53 ^A
	2	15,75 ± 9,72	4,75 ± 0,75	7,75 ± 5,09	4 ± 0,41
	Médias	2,5 ± 0,5	3,25 ± 0,25	3,5 ± 1,19	3,5 ± 0,96
Relação heterófilo:linfócito^b	1	9,12 ± 5,15	4 ± 0,46	5,62 ± 2,55	3,75 ± 0,49
	2	0,78 ± 0,04	1,17 ± 0,29	0,83 ± 0,04	0,83 ± 0,05
	Médias	0,88 ± 0,03	0,88 ± 0,04	0,83 ± 0,05	0,86 ± 0,08
	Médias	0,83 ± 0,03	1,03 ± 0,14	0,83 ± 0,03	0,84 ± 0,05

^a - Médias originais, contudo a análise de variância ocorreu com dados transformados empregando a transformada de Box-Cox com parâmetro Lambda igual a -0,55, para correção de não normalidade dos resíduos,

^b - Médias originais, contudo a análise de variância ocorreu com dados transformados empregando a transformada de Box-Cox com parâmetro Lambda igual a -2, para correção da heterocedasticidade, A, B – Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, representam diferença significativa (p<0,05), para os tratamentos.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores relativos de basófilos nos tratamentos, onde foram superiores aos valores de referência considerados por Thrall (2015) que considerou normais para a espécie a faixa entre 0% a 2%. Possivelmente, tal alteração não está relacionada à presença de erva-cidreira na ração, uma vez que os valores relativos de basófilos encontrados no grupo que recebeu a ração com maior nível de inclusão não difere significativamente ($p < 0,05$) dos encontrados nos animais que receberam a ração controle.

Os valores relativos de basófilos encontrados, no presente trabalho, podem ser atribuídos ao estresse durante a apreensão e coleta de sangue e em resposta às altas temperaturas durante o experimento.

De acordo Thrall (2015) a função dos basófilos nas aves não é bem conhecida. Acredita-se que esses participam das reações inflamatórias agudas e de hipersensibilidade tipo IV. Contudo, segundo Kokosharov (1998) e Davis et al. (2008), em aves, os basófilos podem sofrer aumento em condições de estresse severo, tensão aguda ou prolongada e em resposta a processos tóxicos e septicêmicos.

Rosa et al. (2011) avaliando os níveis de estresse em codornas durante os ciclos de produção com diferentes temperaturas, por meio das alterações no leucograma e da relação heterófilo: linfócito; não correlacionaram a basofilia ao estresse térmico durante o experimento, porém a maior temperatura à que as aves foram submetidas foi de 25,5 °C.

Apesar da relação heterófilo:linfócito ser considerada o indicador mais sensível de estresse em aves (DAVIS et al. 2008), a heteropenia e basofilia podem ocorrer durante o estresse severo, de acordo com Maxwell (1993). Neste estudo, a basofilia foi observada em todos os tratamentos.

Os valores relativos das demais células leucocitárias encontram-se dentro dos valores de referência descritos por Thrall (2015).

No presente estudo, as médias para relação heterófilos: linfócitos de todos os tratamentos extrapolaram os valores de referência que indicam estresse alto. Tal achado não parece ter relação com a inclusão de erva-cidreira na dieta pois, não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao tratamento controle.

Em contrapartida, Nazar et al. (2019), relataram que a suplementação com timol na dieta de codornas japonesas submetidas ao estresse por calor influenciou de forma positiva na relação H:L (heterófilos:linfócitos). Essa melhora se deu devido à ação antioxidante e imunoestimulante do timol.

No presente estudo, a relação heterófilo:linfócito encontrou-se aumentada, revelando que o ambiente não era favorável ao bem-estar dessas aves. Apesar do resultado encontrado, as aves não demonstraram sinais clínicos que indicassem doenças e apresentaram índices produtivos acima de 84% para todos os tratamentos. Possivelmente, o aumento ocorreu como resposta ao estresse por calor.

Porto et al. 2020, corroborando com o presente estudo, encontraram maiores médias para relação heterofilos: linfócitos em codornas submetidas a criação sob estresse por calor. Os autores afirmaram que o estresse por calor, a partir dos 20 dias, promove redução no peso absoluto do fígado, do coração, da bolsa cloacal e na área dos folículos bursais, além de heterofilia, linfopenia e aumento da relação heterófilo: linfócito.

4 CONCLUSÕES

A inclusão de erva-cidreira (*Lippia alba*), como aditivo fitogênico, em até 0,9% na dieta de codornas japonesas em fase de postura, melhorou a conversão alimentar por dúzia de ovos e a cor da gema.

A adição de erva-cidreira desidratada, como aditivo fitogênico na ração, até a concentração de 0,9%, não influenciou a contagem diferencial de linfócitos e a relação heterofilos:linfócitos de codornas japonesas em postura criadas no semiárido.

A basofilia, a linfopenia e a relação heterófilos:linfócitos nos tratamentos permitiram concluir que existiu aumento dos níveis de estresse em codornas japonesas mantidas em temperatura ambiente no semiárido.

Recomenda-se a utilização de 0,5% de erva-cidreira desidratada como aditivo fitogênico na dieta de codornas japonesas em fase de postura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem imensamente à Universidade Federal de Campina Grande, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao Instituto Federal da Paraíba.

REFERÊNCIAS

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

- CULLERE, M., et al. (2018). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. **Animal**, v. 12, n.3, p. 640–647.2018. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001860>.
- DAVIS, A. K., MANEY, D. L., & MAERZ, J. C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists. **Functional Ecology**, 22(5), 760–772, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>
- FERNANDES, R., et al. (2015). Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. **PubVet**, v.9, n.12, p. 526–535, 2015. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n12.526-535>
- GADDE, U. D., et al. Antibiotic growth promoters virginiamycin and bacitracin methylene disalicylate alter the chicken intestinal metabolome. **Scientific Reports**, v.8, p. 1–9, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22004-6>
- GARCIA, E. R. M., et al. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção animal**, 11(2), 505-518, 2010.
- GENCHEV, A. Quality and composition of japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). **Trakia Journal of Sciences**, v.10, n.2, p. 91-101, 2012. <https://doi.org/10.7868/s0869565214270292>
- HE, X., et al. Effect of Supplemental Oregano Essential Oils in Diets on Production Performance and Relatively Intestinal Parameters of Laying Hens. **American Journal of Molecular Biology**, 07(01), 73–85, 2017. <https://doi.org/10.4236/ajmb.2017.71006>
- INMET— Instituto Nacional de Meteorologia. (2010). Brasília/DF. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>.
- KOKOSHAROV, T. Changes in the white blood cells and specific phagocytosis in chicken with experimental acute fowl typhoid. **Veterinarski Arhiv**, v. 68. P. 33-38, 1998.
- MACHADO, T. F., et al. The antimicrobial efficacy of Lippia alba essential oil and its interaction with food ingredients. **Brazilian Journal of Microbiology**, 45(2), 699–705, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000200045>
- MADHUPRIYA, V., Phyto feed additives in poultry nutrition: A review. **Int. J. Sci. Environ. Technol.**, v.7, n. 3, p. 815-822, 2018.
- MAXWELL, M. H. Avian blood leucocyte responses to stress. **World's Poultry Science Journal**, v.49, n.1, p. 34–43, 1993. <https://doi.org/10.1079/WPS19930004>
- NAZAR, F. N., VIDELA, E. A., & MARIN, R. H. Thymol supplementation effects on adrenocortical, immune and biochemical variables recovery in Japanese quail after exposure to chronic heat stress. **Animal**, v.13, n. 2, p.318–325, 2019. <https://doi.org/10.1017/S175173111800157X>
- NEMATİ, Z., et al. Impact of ginger root powder dietary supplement on productive performance, egg quality, antioxidant status and blood parameters in laying japanese quails. **International**

Journal of Environmental Research and Public Health, v.18, n. 6, p. 1–13, 2021.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18062995>

NORDI, W.M. et al. **Diagnóstico de bem-estar de codornas japonesas utilizando a liberdade sanitária em dois sistemas de criação**. Curitiba: Labea Publicações, UFPR.

PEIXOTO, M. G., et al. Acaricidal activity of essential oils from *Lippia alba* genotypes and its major components carvone, limonene, and citral against *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 210, p. 118–122, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.03.010>

PORTO, M. L., et al. Effect of thermal manipulation during incubation on the hematological variables, serum biochemistry and morphometry of cloacal bursa of Japanese quails submitted to chronic heat stress. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 2, p. 505–516, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11132>

RAMIREZ, S. Y., et al. Effects of oregano (*Lippia origanoides*) essential oil supplementation on the performance, egg quality, and intestinal morphometry of Isa Brown laying hens. **Veterinary World**, v.14, n. 3, p. 595–602, 2021. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2021.595-602>

ROSA, G., et al. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. Blood profile of japanese quail (*Coturnix japonica*) under thermal stress. *Ciência Rural*, v. 41, n. 9, 1605–1610, 2011.

Santos, T. S. et al. (2019). The use of cinnamon powder in the diet of Japanese laying quail. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, 41(1), 1–7.

SAS. (2011). *SAS/STAT 9.3 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. 8621.

SEIBEL, N. F., et al. Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 884–889, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400008>

SILVA, F. H. A. **Curso teórico-prático sobre técnicas básicas de avaliação de qualidade do ovo**. Piracicaba: ESALQ, 2004.

SILVA, J.H.V., & COSTA, F.G.P. **Tabelas para codornas japonesas e europeias (2)**. Jaboticabal, SP: Funep, 2009.

SILVA, D.J., & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos (3)**, Viçosa, MG: UFV, 2002.

SOUZA, A. V., et al. Influence of fennel in Japanese quail diet over egg quality and behavior aspects. **B. Indústr. Anim.**, v. 77, p. 1-13, 2020.

SULTAN, A., et al. Effect of organic acid supplementation on the performance and ileal microflora of broiler during finishing period. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 47, n.3, p. 635–639, 2015.

THRALL, M.A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 2. Roca, São Paulo, 678, 2015.

THOM, E.C., The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n.2, p. 57–61, 1959.

TREVISAN, M. T. S., et al. Composition of essential oils and ethanol extracts of the leaves of *Lippia* species: Identification, quantitation and antioxidant capacity. **Records of Natural Products**, v. 10, n. 4, p. 485–496, 2016.

USDA - United States Department of Agriculture. (2000). *Egg-Grading Manual*. Agricultural Handbook. 75.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Egg-grading manual**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Agricultural Handbook, n.75, 2000.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

Washington: USDA, 56. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/egg-grading-manual>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Egg-grading manual**. Washington: USDA, 2000. 56 p. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/egg-grading-manual>. Acesso em: 16 mar. 2026.

WEN, C. *et al.* Effects of ginger extract on laying performance, egg quality, and antioxidant status of laying hens. **Animals**, v. 9, n. 11, p. 1–9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9110857>

XAVIER, H. P. F. *et al.* Utilization of guava extract as additive antioxidant in diets of Japanese quail breeders (*Coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 21, p. 1–10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402121122020>



**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 5

Caprinos e ovinos adaptados aos trópicos com ênfase no semiárido brasileiro

Goats and sheep adapted to tropical environments with emphasis on the Brazilian semiarid

**Bonifácio Benicio de Souza^{1*}; Antônio Wlisses Alves Benício¹; Talícia Maria Alves Benício³;
Maycon Rodrigues da Silva¹; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Antônio Nélon Lima da
Costa²; José Valmir Feitosa²; Danilo Leite Fernandes⁴; Claudiney Felipe Almeida Inô¹;
João Vinícius Barbosa Roberto⁵**

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

² Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato, Ceará, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Augustinópolis, Tocantins, Brasil

⁴ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Crato, Ceará, Brasil

⁵ Faculdades Nova Esperança (FACENE/FAMENE), João Pessoa, Paraíba, Brasil

* Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c05>

RESUMO

Objetivou-se com esta revisão apresentar e discutir os principais aspectos relacionados à avaliação da adaptabilidade de caprinos e ovinos em regiões tropicais, com ênfase no semiárido brasileiro. A produção animal nos trópicos é fortemente influenciada por fatores ambientais adversos, tais como elevadas temperaturas, alta incidência de radiação solar, irregularidade na distribuição das chuvas,

longos períodos de seca e limitada disponibilidade de forragens, os quais comprometem o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Nesse contexto, a adaptabilidade constitui um fator determinante para a sustentabilidade dos sistemas de produção, sendo expressa por meio de respostas fisiológicas, comportamentais e produtivas que permitem aos animais manter a homeotermia, a eficiência bioenergética e a resistência às condições de estresse térmico. Foram abordados conceitos fundamentais de adaptação, incluindo adaptação biológica, genética, fisiológica e processos de aclimatização, bem como os principais indicadores utilizados na avaliação da tolerância ao calor, tais como a temperatura retal e a frequência respiratória. A revisão destaca resultados de pesquisas conduzidas em condições tropicais, evidenciando diferenças entre espécies, raças nativas, naturalizadas e exóticas quanto à capacidade de dissipação de calor e manutenção do equilíbrio térmico. No caso dos caprinos, são discutidas as características adaptativas de grupos raciais como Moxotó, Azul e Graúna, reconhecidos pela elevada rusticidade, eficiência termorregulatória e capacidade de sobrevivência em ambientes de elevada adversidade climática. Para os ovinos, são abordadas as raças Morada Nova, Santa Inês, Somalis Brasileira, Cariri e Soinga, destacando-se sua importância para a produção animal no semiárido, bem como seu potencial em programas de cruzamento visando à melhoria da produtividade sem perda da adaptação. Adicionalmente, são discutidas as implicações do uso de raças exóticas e especializadas, ressaltando a necessidade de estratégias de manejo, alimentação e ambiência que possibilitem a expressão do potencial produtivo desses animais em ambientes tropicais. Com base nos resultados analisados, conclui-se que a escolha adequada das raças, aliada à adoção de práticas de manejo compatíveis com as condições ambientais, é fundamental para garantir a eficiência produtiva, a sustentabilidade dos sistemas de produção e a preservação dos recursos genéticos adaptados ao semiárido brasileiro.

Palavras-chave: adaptabilidade animal; bioclimatologia; estresse térmico; pequenos ruminantes; semiárido brasileiro.

ABSTRACT

This review aimed to present and discuss the main aspects related to the evaluation of the adaptability of goats and sheep in tropical regions, with emphasis on the Brazilian semiarid. Animal production in the tropics is strongly influenced by adverse environmental factors, such as high temperatures, intense solar radiation, irregular rainfall distribution, prolonged drought periods, and

limited forage availability, which directly affect the productive and reproductive performance of animals. In this context, adaptability becomes a key factor for the sustainability of production systems, being expressed through physiological, behavioral, and productive responses that allow animals to maintain homeothermy, bioenergetic efficiency, and resistance to heat stress conditions. Fundamental concepts of adaptation are addressed, including biological, genetic, and physiological adaptation, as well as acclimatization processes. In addition, the main indicators used to assess heat tolerance are discussed, such as rectal temperature and respiratory rate. The review highlights results from studies conducted under tropical conditions, demonstrating differences among species and between native, naturalized, and exotic breeds regarding their ability to dissipate heat and maintain thermal balance. In goats, the adaptive characteristics of genetic groups such as Moxotó, Azul, and Graúna are discussed, which are recognized for their high rusticity, thermoregulatory efficiency, and ability to survive under harsh climatic conditions. For sheep, the breeds Morada Nova, Santa Inês, Brazilian Somali, and Cariri are addressed, highlighting their importance for animal production in the semiarid region, as well as their potential in crossbreeding programs aimed at improving productivity without compromising adaptability. Furthermore, the implications of using exotic and specialized breeds are discussed, emphasizing the need for appropriate management, nutrition, and environmental conditions to ensure the expression of their productive potential in tropical environments. Based on the analyzed results, it is concluded that the appropriate selection of breeds, combined with management practices adapted to environmental conditions, is essential to ensure productive efficiency, sustainability of production systems, and preservation of genetic resources adapted to the Brazilian semiarid.

Keywords: animal adaptability; biometeorology; heat stress; small ruminants; Brazilian semiarid.

INTRODUÇÃO

A produção animal nos trópicos é limitada por diversos fatores, dentre os quais se destacam as elevadas temperaturas ambientais, a alta incidência de radiação solar, a irregularidade na distribuição das chuvas, a ocorrência de secas prolongadas e a escassez quantitativa e qualitativa de forragens ao longo do ano. Esses fatores, de forma isolada ou combinada, exercem influência direta sobre o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, comprometendo a eficiência dos sistemas de produção pecuária nessas regiões.

Adicionalmente, há um agravante importante relacionado à origem genética dos animais explorados, uma vez que grande parte das raças selecionadas para alta produtividade foi desenvolvida em países de clima temperado. Essas raças, quando introduzidas em ambientes tropicais, frequentemente apresentam limitações em expressar seu potencial produtivo, devido à menor capacidade de adaptação às condições climáticas adversas. Dessa forma, torna-se imprescindível o conhecimento da capacidade adaptativa das espécies e raças exploradas no Brasil, bem como a definição de sistemas de criação e práticas de manejo que possibilitem a exploração pecuária de forma eficiente e sustentável nos trópicos, especialmente no semiárido brasileiro.

Nesse contexto, a adaptabilidade dos animais assume papel central, sendo definida como a capacidade de ajustar-se às condições ambientais, mantendo níveis satisfatórios de produção, reprodução e sanidade, mesmo sob condições de estresse térmico. Essa capacidade está diretamente relacionada a mecanismos fisiológicos, comportamentais e produtivos que permitem aos animais manter o equilíbrio térmico (homeotermia), reduzindo os efeitos negativos do ambiente sobre o organismo.

Com o avanço das mudanças climáticas globais, caracterizadas pelo aumento da temperatura média e pela intensificação de eventos climáticos extremos, observa-se um crescimento significativo no número de pesquisas voltadas à identificação de raças e grupos genéticos mais adaptados às condições tropicais. Esse cenário reforça a necessidade de utilização de recursos genéticos que apresentem maior tolerância ao calor, eficiência no uso de alimentos e resistência a doenças, contribuindo para a sustentabilidade da produção animal em regiões semiáridas.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo apresentar e discutir, com base na literatura científica, os principais aspectos relacionados à adaptabilidade de caprinos e ovinos às condições tropicais, com ênfase no semiárido brasileiro, bem como identificar as principais raças e grupos genéticos que apresentam adaptação comprovada, contribuindo para a tomada de decisão em sistemas de produção animal nessas regiões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura de natureza narrativa, com abordagem qualitativa, realizada com o objetivo de reunir, analisar e discutir informações

científicas relacionadas à adaptabilidade de caprinos e ovinos às condições tropicais, com ênfase no semiárido brasileiro.

A busca por referências foi conduzida em bases de dados científicas nacionais e internacionais, incluindo periódicos indexados, livros, dissertações e teses, bem como documentos técnicos relevantes para a temática. Foram priorizados trabalhos publicados em língua portuguesa e inglesa, que abordassem aspectos relacionados à bioclimatologia animal, adaptabilidade, estresse térmico, parâmetros fisiológicos e desempenho produtivo de caprinos e ovinos em ambientes tropicais.

Os critérios de inclusão consideraram estudos que apresentassem informações sobre respostas fisiológicas dos animais, tais como temperatura retal, frequência respiratória e frequência cardíaca, além de indicadores de desempenho produtivo e reprodutivo associados às condições ambientais. Também foram incluídos trabalhos que abordassem características de raças nativas, naturalizadas e exóticas, com foco em sua capacidade de adaptação às condições do semiárido. No caso dos caprinos, foram consideradas, de forma específica, as informações relacionadas a grupos raciais como Moxotó, Azul e Graúna, reconhecidos pela elevada rusticidade, eficiência termorregulatória e capacidade de sobrevivência em ambientes de elevada adversidade climática. Para os ovinos, foram incluídas as raças Morada Nova, Santa Inês, Somalis Brasileira, Cariri e a raça Soinga, destacando-se sua importância para a produção animal no semiárido, bem como seu potencial em programas de cruzamento visando à melhoria da produtividade sem perda da adaptação.

A seleção dos estudos foi realizada de forma criteriosa, considerando a relevância científica, a consistência metodológica e a contribuição para o entendimento da temática proposta. As informações coletadas foram organizadas e analisadas de maneira descritiva, permitindo a identificação de padrões de resposta dos animais às condições ambientais e a comparação entre diferentes grupos genéticos.

A síntese das informações foi estruturada de forma a integrar os aspectos conceituais e os resultados experimentais disponíveis na literatura, possibilitando uma discussão abrangente sobre a adaptabilidade de caprinos e ovinos nos trópicos e subsidiando a indicação de raças com adaptação comprovada para sistemas de produção no semiárido brasileiro.

3 AVALIAÇÃO DA ADAPTABILIDADE DE CAPRINOS E OVINOS NOS TRÓPICOS

3.1 Conceitos e mecanismos de adaptação animal

A adaptabilidade pode ser medida ou avaliada pela habilidade que o animal possui de se ajustar às condições ambientais de climas adversos, com mínima perda no desempenho produtivo, mantendo elevada taxa reprodutiva, resistência às doenças e baixo índice de mortalidade (HAFEZ, 1973).

De acordo com Baeta e Souza (1997), o conceito de adaptação a um determinado ambiente está relacionado a mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais observadas no animal, com o objetivo de garantir sua sobrevivência, reprodução e produção em condições extremas ou adversas. Esses autores classificam a adaptação em diferentes categorias: adaptação biológica, que envolve características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais; adaptação genética, relacionada às características hereditárias que favorecem a sobrevivência ao longo de gerações; adaptação fisiológica, que corresponde aos ajustes do organismo frente a novas condições ambientais; e aclimatização, que diz respeito às mudanças adaptativas duradouras decorrentes da exposição contínua ou repetida a estressores climáticos.

Para Abi Saab e Sleiman (1995), os critérios de tolerância e adaptação dos animais são determinados por parâmetros fisiológicos, como frequência respiratória, batimentos cardíacos e temperatura corporal. McDowell (1967) destaca duas principais classes de avaliação da adaptação a ambientes quentes: a adaptação fisiológica, relacionada ao equilíbrio térmico, e a adaptabilidade produtiva, que descreve as alterações no desempenho quando o animal é submetido a altas temperaturas.

Animais que apresentam menor elevação da temperatura retal e menor frequência respiratória são considerados mais tolerantes ao calor (SOUZA et al., 2010). Mesmo espécies reconhecidamente mais adaptadas, como os caprinos, podem apresentar redução na eficiência bioenergética quando submetidas a temperaturas críticas, comprometendo a produtividade (LU, 1989). Dessa forma, torna-se indispensável o conhecimento prévio do desempenho de raças introduzidas em ambientes diferentes de sua origem.

3.2 Parâmetros fisiológicos indicadores de adaptabilidade

A temperatura corporal de animais homeotérmicos é mantida dentro de limites estreitos por meio de mecanismos de regulação térmica que envolvem respostas fisiológicas e comportamentais.

Entre o animal e o ambiente ocorre constante troca de calor, tanto na forma sensível quanto na forma insensível.

A perda de calor sensível ocorre por condução, convecção e radiação, dependendo do gradiente térmico entre o corpo do animal e o ambiente (HABEEB et al., 1992). Já a perda de calor insensível ocorre principalmente por evaporação, através da pele e do trato respiratório (INGRAM; MOUNT, 1975).

Quanto maior o gradiente térmico, maior a capacidade de dissipação de calor. À medida que esse gradiente diminui, ocorre redução da perda de calor sensível e aumento da perda por vias evaporativas, como sudorese e elevação da frequência respiratória (SOUZA et al., 2013; ROBERTO et al., 2014).

A temperatura retal (TR) é um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a adaptabilidade, pois seu aumento indica acúmulo de calor no organismo. Em caprinos, a TR varia normalmente entre 38,5 °C e 39,7 °C, podendo sofrer influência de fatores como estação do ano e o período do dia (LEITE et al., 2012; SOUZA et al., 2014).

A frequência respiratória (FR) também é amplamente utilizada como indicador de estresse térmico, sendo considerada um dos mecanismos fisiológicos mais eficientes de dissipação de calor em condições de desconforto térmico (SILVA; ARAÚJO, 2000).

3.3 Influência dos fatores ambientais e do turno do dia

Diversos estudos demonstram que fatores ambientais, especialmente a temperatura do ar, a radiação solar e o turno do dia, exercem influência direta sobre os parâmetros fisiológicos dos animais.

Santos et al. (2005) observaram que, independentemente da raça, o turno do dia influencia significativamente a temperatura retal e a frequência respiratória em caprinos. No turno da tarde, quando as temperaturas são mais elevadas, há aumento desses parâmetros, indicando maior esforço do organismo para manter a homeotermia.

Resultados semelhantes foram observados por Medeiros et al. (2008), que verificaram maiores valores de temperatura retal em animais mantidos sob exposição direta ao sol, quando comparados a ambientes sombreados. Da mesma forma, Silva et al. (2006a) observaram interação

significativa entre raça e turno do dia, com maiores valores de temperatura retal no período da tarde.

Esses resultados evidenciam a importância do manejo ambiental, como sombreamento e planejamento das atividades, visando minimizar os efeitos do estresse térmico sobre os animais.

3.4 Respostas fisiológicas em caprinos

Em caprinos, diversos estudos demonstram elevada capacidade de adaptação às condições semiáridas, embora essa capacidade varie entre raças e condições de manejo.

Gomes et al. (2008) observaram que, mesmo em condições de desconforto térmico, caprinos da raça Moxotó conseguiram manter a temperatura retal dentro dos limites normais, elevando os batimentos cardíacos como mecanismo compensatório.

Souza et al. (2011) verificaram que cabras da raça Saanen apresentaram aumento significativo da temperatura retal no turno da tarde, evidenciando maior susceptibilidade ao estresse térmico.

A frequência respiratória apresenta-se mais elevada em períodos mais quentes, como observado por Silva et al. (2006b), demonstrando que os animais utilizam esse mecanismo para dissipação de calor, mantendo a homeotermia.

Lucena et al. (2013) destacam que temperaturas entre 20,6 °C e 27,8 °C estão dentro da zona de conforto térmico para caprinos, enquanto temperaturas superiores a 31,6 °C promovem elevação da frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura da pele, caracterizando estresse térmico.

3.5 Respostas fisiológicas de ovinos em ambientes quentes

Nos ovinos, a frequência respiratória é um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a adaptabilidade às condições térmicas. Em estudos realizados no Brasil, observou-se aumento significativo da frequência respiratória em condições de maior estresse térmico, especialmente no turno da tarde (CEZAR et al., 2004; SANTOS et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; VERÍSSIMO, 2009; SOUZA; BATISTA, 2014).

De acordo com Silanikove (2000), a frequência respiratória pode ser utilizada para classificar o nível de estresse térmico, sendo valores entre 40 e 60 movimentos por minuto

indicativos de estresse baixo, entre 60 e 80 médio-alto, entre 80 e 120 alto, e acima de 200 movimentos por minuto caracterizando estresse severo em ovinos.

Bezerra et al. (2011) observaram que diferentes grupos genéticos de ovinos apresentam elevado grau de tolerância ao calor, podendo ser criados em sistemas extensivos no semiárido. Destaca-se que as raças deslanadas, como Santa Inês, Morada Nova e Somalis Brasileira, apresentam maior capacidade de adaptação às condições climáticas adversas, sendo amplamente utilizadas na região Nordeste do Brasil.

4 RAÇAS DE CAPRINOS

As raças de caprinos apresentadas nesta seção constituem exemplos representativos de grupos genéticos que desenvolveram elevada capacidade de adaptação às condições ambientais do semiárido brasileiro. Esses animais são resultado de longos processos de seleção natural e, em alguns casos, de seleção dirigida, que favoreceram indivíduos capazes de sobreviver, reproduzir e produzir sob condições de elevadas temperaturas, baixa disponibilidade hídrica e restrição alimentar. No contexto da caprinocultura nordestina, diversas raças e grupos genéticos apresentam reconhecida adaptação, a exemplo das raças nativas e naturalizadas como Marota, Repartida e Canindé, bem como de raças exóticas que apresentam relativa tolerância ao calor, como a Anglo-Nubiana, além de genótipos especializados para produção de carne, como Boer e Savanna, quando manejados adequadamente.

Entretanto, neste estudo, optou-se por enfatizar os grupos genéticos Moxotó, Azul e Graúna por apresentarem ampla base de estudos científicos, disponibilidade de informações experimentais consistentes e reconhecida adaptação às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. Esses genótipos destacam-se pela elevada rusticidade, eficiência nos mecanismos de termorregulação e capacidade de manter a homeotermia com menor dispêndio energético, características fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas produtivos em regiões semiáridas. Dessa forma, esses grupos genéticos não apenas representam importantes recursos zoogenéticos adaptados, mas também constituem base estratégica para programas de melhoramento genético e para o desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes frente às condições adversas e às mudanças climáticas.

4.1 Moxotó

A raça Moxotó é originária do vale do Moxotó em Pernambuco, contudo há controvérsia a respeito de sua origem verdadeira, alguns pesquisadores citam que é o resultado de cruzamento da raça Alpina Francesa com cabras brancas nativas, outros citam que é a mesma raça criada em Portugal com o nome de Serpentina.

Há semelhanças fenotípicas entre as raças Moxotó e Serpentina, como pelagem e rusticidade. A raça Serpentina de acordo com (Cachatra 2011) é muito rústica, pois os caprinos dessa raça são criados na província Alentejana (Portugal), cujo clima apresenta as características mediterrânicas e continentais, que é marcado por verões quentes e secos, com temperaturas médias entre os 31°C e 35 °C e invernos de temperaturas médias entre os 8 °C e 12 °C.

Considerando que a introdução das primeiras raças de animais domésticos no Brasil ocorreu por meio dos colonizadores portugueses, esta hipótese de que a raça Moxotó é a mesma Serpentina pode ser verdadeira. De qualquer forma, é fato que a raça Moxotó tem padrão definido e adaptação comprovada ao longo dos 500 anos no Brasil. Sabe-se que no processo de adaptação, através da seleção natural, os indivíduos que apresentam maior capacidade de adaptação às condições impostas pelo ambiente sobrevivem. Nesse processo de seleção, muitas vezes, os animais sofrem redução no porte e conseqüentemente nos produtos que fornecem (carne, leite, etc). No caso da raça Moxotó pode ter havido este ajuste, contudo ganhou em rusticidade, pois são animais adaptados ao sistema extensivo de criação e apresentam elevado índice de tolerância ao calor.

Segundo Egito et al. (2002) a busca por raças mais produtivas fez com que, a partir do final do século XIX e início do século XX, houvessem importações de raças consideradas exóticas, que embora fossem altamente produtivas haviam sido selecionadas em regiões de clima temperado. Estas raças, por cruzamentos absorventes, causaram uma rápida substituição e erosão nas raças locais, as quais apresentam níveis de produção mais baixos, mas se distinguem destas por estarem totalmente adaptadas aos trópicos, onde sofreram uma longa seleção natural.

Em pesquisas realizadas no semiárido para avaliação da tolerância ao calor de raças exóticas, foram utilizadas como parâmetros algumas raças nativas dentre elas a Moxotó. Foram aplicadas várias provas de tolerância, uma delas foi o ITC - Índice de tolerância ao calor (SOUZA et al. 2011). Santos et al. (2005) trabalhando com reprodutores registraram ITC = 9,4 e Silva et al. (2006) com fêmeas em crescimento, ITC = 9,8, em condições de ITGU ao sol = 98,95; 93,58, para

a raça Moxotó, respectivamente. Sendo estes resultados muito bons, considerando que a nota máxima para essa prova é 10 (dez).

4.2 Azul

O genótipo Azul tem sua origem no Oeste africano, pertencente ao grupo “WAD”, que significa “West African Dwarf”, ou “cabras pequenas do Oeste africano”. Encontra-se na maioria dos estados do Nordeste: Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. Os animais apresentam pelagem azulada ou cinza-azulada, podendo apresentar extremidades bastante escuras. São caprinos de pequeno porte, medindo em torno de 60 cm, com peso médio nos adultos de 43 kg. São animais robustos que apresentam dupla aptidão: leite e pele, mas podem ser selecionados para produção de carne (Nogueira Filho 2006). Segundo Silva et al. (2011), os genótipos Azul, Graúna e Moxotó, quando criados em confinamento, apresentam características de carcaça semelhantes.

Rocha et al. (2009) estudaram a adaptabilidade da raça Saanen e a do tipo Nativo Azul, nas condições ambientais da região Meio-Norte. Os autores concluíram que os caprinos do grupo racial Azul são mais adaptados do que os da raça Saanen, em razão de apresentarem maior capacidade para manter a temperatura retal com menor frequência respiratória, enquanto a raça Saanen apresentou uma frequência de 97 mov/min, considerada muito elevada para caprinos, o que indica que o gasto de energia foi provavelmente maior do que no grupo racial Azul, que necessitou apenas de elevar sua frequência respiratória para 49 mov/min.

Uma das características favoráveis aos animais para enfrentar os ambientes quentes é a cor da pelagem, pois é sabido que as cores claras refletem mais do que as escuras. Neste caso, a raça Saanen deveria ter apresentado vantagem em relação à Azul, entendendo-se que a pelagem da Saanen é branca, porém ocorreu o contrário. Isso se deve a vários fatores responsáveis pela maior tolerância ao estresse calórico, o que demonstra que os animais do grupo racial Azul, por ter sido formado nas condições ambientais do semiárido possuem particularidades de adaptação própria, apresentam características superiores aos animais da raça Saanen para enfrentar a adversidade climática.

Segundo Santos et al. (2007), o isolamento geográfico fez com que esses caprinos se adaptassem ao semiárido, suportando altas temperaturas e escassez de alimento, apresentando maior resistência às doenças e às parasitoses e mantendo a fertilidade, a prolificidade e uma boa

condição corporal, mesmo nos períodos mais secos. Devido à variabilidade genética e à seleção natural, os mais adaptados sobreviveram e se perpetuaram, sendo assim, a seleção natural é a grande responsável pela formação do grupo racial Azul, no Brasil.

Leite et al. (2012), em estudos relativos ao conforto térmico de caprinos nativos (Azul, Moxotó e Graúna) em confinamento no semiárido, verificaram que o grupo genético Azul apresentou as temperaturas retal e superficial semelhantes aos demais e um menor esforço do aparelho termorregulador (menor frequência respiratória) em relação à raça Moxotó.

De acordo com vários autores (Santos et al. 2005; Silva et al. 2006; Souza et al. 2011) a raça Moxotó apresenta elevado grau de adaptação ao semiárido. Assim sendo, pode-se afirmar que o grupo genético Azul, por conseguir manter a homeotermia com menor frequência respiratória possivelmente com gasto energético menor do que a Moxotó, cientificamente apresenta elevada capacidade para resistir aos rigores do clima semiárido e para enfrentar os efeitos do aquecimento global e das mudanças climáticas.

4.3 Graúna

O grupo racial Graúna, também conhecida por Preta Graúna ou Preta de Corda. Sua origem é o nordeste brasileiro, mas sua ascendência remete, provavelmente, à raça Murciana, trazida da zona árida da região sul da Espanha. Dentre suas características, destaca-se a rusticidade. São animais com peso corporal entre 35 kg e 40 kg e apresenta dupla aptidão, carne e leite. A Graúna, ao longo do tempo, sofreu uma redução na produção de leite, fruto da miscigenação e provavelmente do processo de seleção natural.

Em pesquisas realizadas recentemente, foi demonstrado cientificamente a resistência térmica e a capacidade produtiva desse grupo racial quando comparada com outras raças nativas (naturalizadas) de reconhecida adaptabilidade às condições semiáridas.

Leite et al. (2012) ao estudarem a influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados em condições de ITGU variando de 77 para 83, nos horários mais estressantes do dia (9 às 15 horas), verificaram que os animais do grupo Graúna apresentaram frequência respiratória menor do que os da raça Moxotó, raça de reconhecida adaptação ao semiárido. Quanto às temperaturas retal e superficial, a Graúna não apresentou diferença em relação às raças Moxotó e Azul, demonstrando assim sua elevada capacidade de suportar temperaturas elevadas e manter o equilíbrio térmico. Com relação ao desempenho

produtivo, o grupo Graúna apresentou melhor resultado quando comparado com a Moxotó e a Azul.

O baixo desempenho produtivo da maior parte dos caprinos criados na região Nordeste juntamente com a exigência do mercado consumidor em obter animais mais precoces vem ao longo dos anos impulsionando a importação de animais, para através do cruzamento entre raças nativas e exóticas, aumentar a produtividade dos rebanhos locais (Souza 2011).

Uma das alternativas para o desenvolvimento da Caprinocultura no nordeste brasileiro, visando aumentar a produtividade dos rebanhos, tem sido a importação de raças especializadas. Dentre estas destacam-se a Boer e a Savanna para a produção de carne, ambas originárias da África do Sul.

Silva et al. (2006) estudaram a adaptabilidade das raças Boer, Savana, Anglo-nubiana e Moxotó no semiárido e verificaram que a raça Anglo-Nubiana apresentou a menor média para FR (30,55 mov/min) e a raça Savana a maior média (42,85 mov/min) em relação as demais raças. Contudo quando avaliado o grau de adaptação pelo índice de tolerância ao calor (ITC) as raças apresentaram a mesma capacidade de equilíbrio térmico quando colocadas no ambiente de sombra (Souza 2010).

As raças especializadas puras, na maioria das vezes, são inviáveis para determinadas regiões e sistemas de criação. Souza et al. (2011) citam que os caprinos puros das raças Boer e Savana apresentam elevado índice de tolerância ao calor, contudo necessitam de instalações adequadas que atendam às exigências térmicas, principalmente no período da tarde. A suplementação com volumoso e concentrado são indispensáveis para a obtenção de resultados satisfatórios no semiárido, principalmente na época seca do ano. A prática do armazenamento e conservação de forragens é de suma importância para aumentar a produtividade e garantir a sustentabilidade da caprinocultura no semiárido.

O cruzamento de reprodutores machos da raça Boer com animais de raças nativas ou Sem raça definida pode apresentar bons resultados para produção de carne (Silva et al. 2006). Caprinos F1 resultantes cruzamento (Boer × SPRD) terminados em pastagem nativa com suplementação é possível obter cortes comerciais com maiores pesos musculares (Silva et al. 2010). Contudo, deve ser bem orientado no sentido de preservar o patrimônio genético construído durante vários anos.

5 RAÇAS DE OVINOS

As raças de ovinos abordadas nesta seção representam importantes grupos genéticos adaptados às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, sendo resultado de longos processos de seleção natural e, em alguns casos, de seleção dirigida sob condições ambientais caracterizadas por elevadas temperaturas, intensa radiação solar, irregularidade hídrica e limitação alimentar. No contexto da ovinocultura nordestina, destacam-se as raças deslanadas nativas e naturalizadas, como Morada Nova, Santa Inês, Somalis Brasileira, Cariri e a raça Soinga recentemente reconhecida oficialmente, amplamente utilizadas nos sistemas de produção da região em função de sua elevada rusticidade e capacidade de adaptação.

Além dessas, outras raças e genótipos podem ser utilizados de forma estratégica em sistemas de produção, especialmente por meio de cruzamentos, como é o caso de raças especializadas para produção de carne, a exemplo de Dorper e, em menor escala, Damara, que apresentam melhor adaptação relativa às condições tropicais quando comparadas a outras raças exóticas. No entanto, é importante ressaltar que, de modo geral, raças exóticas puras apresentam maior exigência nutricional e ambiental, sendo menos adaptadas às condições do semiárido, o que limita seu uso em sistemas extensivos típicos da região.

Dessa forma, neste estudo, optou-se por enfatizar as raças Morada Nova, Santa Inês, Somalis Brasileira, Cariri e o grupo genético Soinga por apresentarem ampla base de informações científicas, elevada importância regional e comprovada adaptação às condições do semiárido brasileiro. Essas raças destacam-se por atributos como rusticidade, eficiência nos mecanismos de termorregulação, capacidade de manter a homeotermia sob estresse térmico e desempenho produtivo compatível com sistemas extensivos e semi-intensivos. Assim, esses grupos genéticos constituem recursos zoogenéticos estratégicos para a ovinocultura no semiárido, além de representarem base fundamental para programas de melhoramento genético e para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais resilientes frente às mudanças climáticas.

5.1 Morada Nova

A raça Morada Nova é originária do Nordeste do Brasil. Segundo alguns autores, essa raça descende de ovinos Bordaleiros de Portugal, trazidos para o Brasil no período da colonização. Outros autores sugerem que esses animais possuem origem africana, possivelmente introduzidos durante o período do tráfico de escravos. De acordo com Facó et al. (2008), é provável que a raça

Morada Nova tenha contribuições tanto de ovinos ibéricos quanto africanos, cujos descendentes foram submetidos a processos de adaptação às condições ambientais do Nordeste brasileiro.

Santos et al. (2006), ao estudarem ovinos de diferentes grupos genéticos (Santa Inês, Morada Nova, $\frac{1}{2}$ Santa Inês + $\frac{1}{2}$ Dorper, $\frac{1}{2}$ Santa Inês + $\frac{1}{2}$ Morada Nova e $\frac{1}{2}$ Morada Nova + $\frac{1}{2}$ Dorper) no semiárido, concluíram que todos apresentaram elevado grau de adaptabilidade às condições da região. No entanto, a raça Morada Nova destacou-se por manter a homeotermia com menor esforço do aparelho termorregulador, evidenciado por menores valores de frequência respiratória no turno da tarde. Esse comportamento indica menor gasto energético para manutenção do equilíbrio térmico, o que pode classificá-la como mais adaptada às condições adversas.

Com relação ao desempenho produtivo, deve-se considerar que, por apresentar porte reduzido e características adaptativas específicas, não se espera que a raça Morada Nova apresente desempenho semelhante ao de raças especializadas selecionadas em ambientes mais favoráveis. Contudo, sua elevada rusticidade e capacidade de adaptação tornam-na fundamental para os sistemas de produção no semiárido.

Apesar de sua importância, Facó et al. (2008) destacam que os rebanhos dessa raça vêm sofrendo redução ao longo do tempo, em função da substituição por raças mais produtivas e da ocorrência de cruzamentos indiscriminados, o que representa risco à conservação desse importante recurso genético.

5.2 Santa Inês

A raça Santa Inês foi desenvolvida no Nordeste brasileiro, sendo resultante de cruzamentos entre as raças Bergamácia, Morada Nova, Somalis Brasileira e ovinos sem raça definida (SRD).

Entre as principais características dessa raça destacam-se a elevada rusticidade, menor exigência nutricional, boa habilidade materna, baixa estacionalidade reprodutiva e elevada capacidade de adaptação a ambientes com altas temperaturas, como o semiárido brasileiro. A crescente demanda por carne ovina, associada às condições climáticas adversas, tem contribuído para a ampla utilização dessa raça em diferentes regiões do Brasil.

Em pesquisa realizada no semiárido paraibano, Andrade et al. (2007) observaram que ovinos Santa Inês, mantidos em pastagem nativa enriquecida e suplementados com concentrado, apresentaram ganho de peso médio diário de 200 g, mesmo em condições ambientais consideradas altamente estressantes, evidenciando a capacidade de adaptação dessa raça.

Souza et al. (2014), ao avaliarem as respostas fisiológicas ao calor de ovinos Santa Inês e seus mestiços com raças especializadas, concluíram que essa raça pode ser utilizada em programas de cruzamento com ovinos de corte lanados, contribuindo para a produção de animais mais tolerantes ao calor. Os mestiços apresentaram maior resistência ao estresse térmico quando comparados aos animais puros de raças especializadas.

Estudos realizados por Cardoso (2008) também demonstraram ganhos expressivos de peso em cordeiros mestiços de Santa Inês com raças como Texel e Ile de France, reforçando o potencial dessa raça como base genética para cruzamentos em sistemas de produção de carne.

5.3 Somalis Brasileira

A raça Somalis Brasileira pertence ao grupo dos ovinos de “garupa gorda”, de origem africana, sendo bem adaptada às condições semiáridas. Esses animais apresentam porte reduzido e características morfológicas que favorecem a dissipação de calor, além de possuírem reserva de gordura na base da cauda, o que contribui para sua sobrevivência em períodos de escassez alimentar.

Silva et al. (1998) avaliaram características de crescimento e taxa de mortalidade em ovinos Somalis Brasileira criados em condições de caatinga, no Estado do Ceará, concluindo que esses animais apresentam boa capacidade de adaptação às condições do semiárido.

Barros et al. (2004), ao estudarem cordeiros mestiços oriundos de cruzamentos entre matrizes SRD e reprodutores das raças Somalis Brasileira e Santa Inês, não observaram diferenças significativas quanto ao peso e ganho de peso entre os grupos genéticos, indicando que ambas as raças apresentam desempenho semelhante em condições semiáridas.

O uso de cruzamentos com raças especializadas, como a Dorper, tem apresentado resultados promissores. Souza (2011) demonstrou que cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês e Dorper x Somalis Brasileira apresentam bom desempenho produtivo e características de carcaça adequadas, sendo indicados para sistemas de produção precoce.

5.4 Cariri

A raça Cariri é originária do Nordeste brasileiro, sendo encontrada principalmente na região dos Cariris paraibanos. Sua origem está associada a possíveis mutações e cruzamentos entre animais das raças Santa Inês, Morada Nova e Black-Belly.

Esses animais apresentam características marcantes, como pelagem definida, ausência de chifres em ambos os sexos, porte médio a grande e aptidão mista para produção de carne e pele. Além disso, destacam-se pela elevada prolificidade, boa habilidade materna e adequada produção de leite.

Bezerra et al. (2011) observaram que ovinos da raça Cariri apresentam elevado grau de tolerância ao calor, com comportamento fisiológico semelhante a outros grupos genéticos adaptados ao semiárido.

Embora raças como Dorper e Damara também apresentem boa adaptação a climas quentes, é fundamental considerar o manejo adequado desses animais, especialmente no turno da tarde, quando as condições ambientais são mais estressantes (CEZAR et al., 2004).

O cruzamento entre raças especializadas e raças deslanadas adaptadas, como a Cariri, pode resultar em animais com melhor desempenho produtivo e qualidade de carcaça, sem comprometer a adaptação ao ambiente. No entanto, é essencial que esses cruzamentos sejam conduzidos de forma criteriosa, visando à preservação dos recursos genéticos locais e à sustentabilidade dos sistemas de produção.

5.5 Soinga

A raça ovina Soinga é um genótipo desenvolvido no Nordeste brasileiro a partir de um processo planejado de cruzamentos dirigidos e seleção contínua em condições ambientais características do semiárido. Sua formação envolveu a utilização das raças Bergamácia Brasileira, Morada Nova (variedade branca) e Somalis Brasileira, com o objetivo de reunir atributos estratégicos como rusticidade, precocidade, prolificidade, eficiência produtiva e elevada tolerância ao estresse térmico (MEDEIROS et al., 2023; SOUZA; BENÍCIO, 2025).

Diferentemente de raças exóticas introduzidas em ambientes tropicais, a Soinga foi desenvolvida sob condições reais de campo no semiárido brasileiro, o que favoreceu a seleção natural e dirigida de indivíduos com elevada capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas da região, caracterizadas por altas temperaturas, intensa radiação solar, baixa umidade relativa do ar e irregularidade na disponibilidade hídrica (SOUZA; BENÍCIO, 2025).

O processo de consolidação da raça foi conduzido de forma integrada entre criadores, instituições de pesquisa e entidades representativas da ovinocultura, culminando no reconhecimento oficial pela Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO) como a 32ª

raça ovina brasileira. Esse reconhecimento institucional foi fundamentado em evidências científicas consistentes relacionadas à caracterização fenotípica, respostas fisiológicas e desempenho produtivo dos animais (ARCO, 2025; MEDEIROS et al., 2023).

Do ponto de vista morfológico, a raça Soinga apresenta porte médio, conformação corporal funcional e características estruturais compatíveis com sistemas produtivos em regiões semiáridas. A predominância de pelagem clara associada à pele pigmentada contribui para a reflexão da radiação solar e para a proteção contra os efeitos da insolação, favorecendo os mecanismos de dissipação de calor e a manutenção da homeotermia (MEDEIROS et al., 2023).

Em relação às respostas fisiológicas, estudos indicam que a Soinga apresenta elevada eficiência nos mecanismos de termorregulação, com manutenção da temperatura retal dentro de limites fisiológicos e ajustes adequados da frequência respiratória mesmo sob condições de estresse térmico. Esses resultados evidenciam estabilidade fisiológica e elevada tolerância ao calor, características fundamentais para a adaptação ao semiárido (BATISTA, 2022; RODRIGUES et al., 2023; NASCIMENTO et al., 2025; SOUZA; BENÍCIO, 2025).

A avaliação por meio de índices bioclimatológicos, como o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), demonstra que a raça Soinga mantém respostas fisiológicas estáveis mesmo sob condições ambientais classificadas como de desconforto térmico para outras raças. Estudos comparativos indicam desempenho semelhante ou superior ao de raças tradicionalmente adaptadas, como a Santa Inês, reforçando sua elevada capacidade de tolerância ao estresse térmico (NASCIMENTO et al., 2025; FERNANDES et al., 2025).

Além da adaptação fisiológica, a raça Soinga apresenta desempenho produtivo compatível com sistemas de produção extensivos e semi-intensivos, destacando-se pela capacidade de manter ganho de peso e eficiência produtiva mesmo sob condições de restrição alimentar sazonal. A combinação entre adaptação climática e desempenho zootécnico evidencia seu potencial como alternativa viável para sistemas produtivos sustentáveis no semiárido (BATISTA, 2022; SOUZA; BENÍCIO, 2025).

A aptidão zootécnica da raça inclui características como precocidade, rusticidade e boa capacidade de aproveitamento dos recursos alimentares disponíveis, fatores que contribuem para a resiliência dos sistemas produtivos em ambientes com elevada variabilidade climática. Nesse contexto, a utilização da Soinga pode reduzir perdas produtivas associadas ao estresse térmico e aumentar a eficiência dos sistemas de produção (SOUZA; BENÍCIO, 2025).

Dessa forma, a raça Soinga reúne um conjunto consistente de atributos fisiológicos, morfológicos e produtivos que a qualificam como um recurso genético estratégico para a ovinocultura no semiárido brasileiro. Sua consolidação reflete a integração entre seleção empírica, validação científica e reconhecimento institucional, destacando-se como uma alternativa adaptada às condições ambientais atuais e aos cenários futuros de mudanças climáticas, embora ainda sejam necessários avanços em pesquisas voltadas à reprodução, genética e avaliação produtiva de longo prazo (SOUZA; BENÍCIO, 2025; MEDEIROS et al., 2023).

REFERÊNCIAS

- ABI SAAB, S.; SLEIMAN, F. T. Physiological responses to stress of filial crosses compared to local Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 16, p. 55–59, 1995.
- ANDRADE, I. S.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e à suplementação em pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 540–547, 2007.
- ARCO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE OVINOS. **Reconhecimento da raça ovina Soinga como a 32ª raça ovina brasileira**. Bagé: ARCO, 2025.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997.
- BARROS, N. N.; VASCONCELOS, V. R.; LOBO, R. N. B. Características de crescimento de cordeiros F1 para abate no semiárido do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 809–814, 2004.
- BATISTA, L. F. **Avaliação da adaptabilidade fisiológica de ovinos Soinga em condições de semiárido**. 2022. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2022.
- BEZERRA, W. M. A. X. et al. Comportamento fisiológico de diferentes grupos genéticos de ovinos criados no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 130–136, 2011.
- CACHATRA, A. M. P. et al. Sistema de produção da cabra Serpentina. Disponível em: <http://www.ancras.pt/pdfina.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2011.
- CARDOSO, M. T. M. Desempenho e características de carcaça de ovinos da raça Santa Inês e seus cruzamentos em sistema intensivo de produção. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- CARTAXO, F. Q. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e abatidos em diferentes condições corporais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 697–704, 2009.

- CEZAR, M. F. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 614–620, 2004.
- EGITO, A. A.; MARIANTE, A. S.; ALBUQUERQUE, M. S. M. Programa brasileiro de conservação de recursos genéticos animais. **Archivos de Zootecnia**, v. 51, p. 39–52, 2002.
- FACÓ, O. et al. **Raça Morada Nova: origem, características e perspectivas**. Sobral: Embrapa Caprinos, 2008. 43 p. (Documentos, 75). Disponível em: www.cnpq.embrapa.br. Acesso em: 14 dez. 2011.
- FERNANDES, D. L. et al. Avaliação das respostas fisiológicas e adaptativas de ovelhas soinga criadas no Cariri Cearense. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 23, n. 4, p. 1–22, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n4-184>
- GOMES, C. A. V. et al. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 213–219, 2008.
- HABEEB, A. L. M.; MARAY, I. F. M.; KAMAL, T. H. **Farm animals and the environment**. Cambridge: CAB, 1992.
- HAFEZ, E. S. E. **Adaptación de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973.
- INGRAM, D. L.; MOUNT, L. E. **Man and animals in hot environments**. New York: Springer-Verlag, 1975.
- LEITE, J. R. S. et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 443–448, 2012.
- LU, C. D. Effects of heat stress on goat production. **Small Ruminant Research**, v. 2, p. 151–162, 1989.
- LUCENA, L. F. A. et al. Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 672–679, 2013.
- MCDOWELL, R. E. O papel da fisiologia na produção animal para as áreas tropical e subtropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 5, p. 25–37, 1967.
- MCMANUS, C. et al. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 107–120, 2011.
- MEDEIROS, F. F. et al. Ovino Soinga: origem, características raciais e adaptação ao semiárido. **Revista COOPEX**, v. 14, n. 1, p. 779–788, 2023. Disponível em: <http://coopex.unifip.edu.br>
- MEDEIROS, L. F. D. et al. Reações fisiológicas de caprinos das raças Anglo-Nubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado. **Boletim de Indústria Animal**, v. 65, p. 7–14, 2008.

NASCIMENTO, F. S. et al. Avaliação da tolerância ao calor de ovinos do grupo genético Soinga em comparação à raça Santa Inês. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 5, p. 1–23, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n5-015>

NOGUEIRA FILHO, A. **O agronegócio da caprino-ovinocultura no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: BNB, 2006.

PEREIRA, G. M. et al. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano. **Revista Verde**, v. 6, p. 83–88, 2011.

ROBERTO, J. V. B. et al. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, p. 11–19, 2014.

ROCHA, R. R. C. et al. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 1165–1172, 2009.

RODRIGUES, G. Q. et al. Parâmetros fisiológicos de ovinos soinga em diferentes épocas do ano. **Revista COOPEX**, v. 14, n. 1, p. 1566–1577, 2023. Disponível em: <http://coopex.unifip.edu.br>

SANTOS, F. C. B. et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semiárido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 142–149, 2005.

SANTOS, J. R. S. et al. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e seus cruzamentos com Dorper às condições do semiárido 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, p. 1–18, 2000.

SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 142–148, 2010.

SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da adaptabilidade entre caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 516–521, 2006a.

SILVA, F. L. R.; ARAÚJO, A. M. Desempenho produtivo de caprinos mestiços no semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1028–1035, 2000.

SILVA, F. L. R.; ARAÚJO, A. M.; FIGUEIREDO, E. A. P. Características de crescimento e reprodução em ovinos Somalis no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 1107–1114, 1998.

SILVA, G. A.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P. Efeito da época do ano e do período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 903–909, 2006b.

SOUZA, B. B. et al. Diferenças genéticas nas respostas fisiológicas de ovinos em ambiente tropical. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, p. 1–5, 2014.

SOUZA, B. B. et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e mestiços no semiárido paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, p. 47–51, 2010.

SOUZA, B. B. et al. Respostas fisiológicas de caprinos terminados em pastagem nativa no semiárido paraibano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, p. 37–43, 2013.

SOUZA, B. B. Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos. Disponível em: <http://www.farmpoint.com.br>. Acesso em: 04 jun. 2011.

SOUZA, B. B. Índice de tolerância ao calor de caprinos no semiárido. Disponível em: <http://www.farmpoint.com.br>. Acesso em: 19 nov. 2011.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, p. 6–10, 2012.

SOUZA, Bonifácio Benicio de; BENÍCIO, Talícia Maria Alves. Raça ovina Soinga: evidências científicas de adaptação ao semiárido brasileiro. **Revista Científica Semiárido Acadêmico**, v. 1, p. 1–15, 2025. DOI: <https://doi.org/10.65338/rcsa.v1.2025.a02>

SOUZA, D. A. Desempenho bioeconômico e características de carcaça de cordeiros mestiços Dorper. 2011. Dissertação – Universidade Federal do Ceará, 2011.

VERÍSSIMO, C. J. et al. Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, p. 159–167, 2009.



**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 6

**Termorregulação em ovinos: gradientes térmicos e termografia aplicados à
avaliação do estresse térmico**

**Thermoregulation in sheep: thermal gradients and thermography applied to heat stress
assessment**

**Claudiney Felipe Almeida Inô¹; Bernadin Fonrose²; Vinicius Pessoa Batista dos Santos¹;
Luiz Henrique de Souza Rodrigues¹; Rebeca Castelo Branco Brasileiro¹; Francinaldo
Nunes Pessoa Filho¹; Maria Araceli Silva de Araújo¹; Bonifácio Benicio de Souza^{1*}**

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

² Université d'État d'Haïti (CHC-UEHL), Limonade, Haïti.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c06>

RESUMO

A termorregulação em ovinos constitui um processo fisiológico essencial para a manutenção da homeostase térmica, especialmente em ambientes caracterizados por elevada carga térmica. Nesse contexto, os gradientes térmicos e a termografia destacam-se como ferramentas relevantes na avaliação do estresse térmico, permitindo a identificação de respostas fisiológicas e adaptativas dos animais. A exposição a condições de calor excessivo pode comprometer significativamente a

produtividade, o bem-estar, o consumo alimentar e o desempenho zootécnico dos ovinos. Além disso, fatores como alterações nos níveis de glicose e colesterol, bem como características fenotípicas, a exemplo da cor da pelagem, influenciam diretamente a dinâmica de troca de calor entre o animal e o ambiente. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar os mecanismos de termorregulação em ovinos sob condições de estresse térmico, com ênfase no papel dos gradientes térmicos e da termografia como ferramentas de monitoramento e avaliação do conforto térmico. Os resultados discutidos evidenciam a importância da integração entre variáveis fisiológicas, ambientais e tecnológicas para o aprimoramento dos sistemas de produção em regiões tropicais e semiáridas.

Palavras-chave: estresse térmico; termorregulação; termografia infravermelha; ovinos; conforto térmico.

ABSTRACT

Thermoregulation in sheep is an essential physiological process for maintaining thermal homeostasis, particularly in environments characterized by high thermal load. In this context, thermal gradients and thermography stand out as important tools for assessing heat stress, enabling the identification of physiological and adaptive responses in animals. Exposure to excessive heat conditions can significantly compromise productivity, welfare, feed intake, and zootechnical performance. Additionally, factors such as alterations in glucose and cholesterol levels, as well as phenotypic traits, such as coat color, directly influence the dynamics of heat exchange between the animal and the environment. Therefore, this study aimed to analyze thermoregulation mechanisms in sheep under heat stress conditions, emphasizing the role of thermal gradients and thermography as tools for monitoring and evaluating thermal comfort. The findings highlight the importance of integrating physiological, environmental, and technological variables to improve production systems in tropical and semi-arid regions.

Keywords: heat stress; thermoregulation; infrared thermography; sheep; thermal comfort.

INTRODUÇÃO

A resistência de ovinos e caprinos a climas quentes é amplamente reconhecida, sendo evidenciada pelo fato de que aproximadamente metade da população mundial desses animais encontra-se distribuída em regiões áridas e semiáridas (JOY et al., 2020). No contexto brasileiro,

predominantemente inserido em zona tropical, essa característica assume ainda maior relevância, especialmente diante da ampla diversidade de recursos genéticos disponíveis, o que reforça a importância de estudos voltados à adaptação desses animais às diferentes condições ambientais (MCMANUS et al., 2016).

Nesse cenário, destaca-se o avanço recente na ovinocultura nacional com o reconhecimento de novos grupos genéticos adaptados às condições edafoclimáticas do semiárido. Entre esses, sobressai a raça SOINGA, desenvolvida no Nordeste brasileiro e reconhecida oficialmente pela Associação Brasileira de Criadores de Ovinos, evidenciando o progresso dos programas de seleção e melhoramento genético voltados à adaptação ao estresse térmico. Essa raça apresenta elevada rusticidade e capacidade de manutenção do desempenho produtivo em condições de alta temperatura e limitação de recursos, características fundamentais para sistemas produtivos inseridos em ambientes semiáridos.

Em regiões semiáridas, caracterizadas por elevadas temperaturas, intensa radiação solar e, em determinados períodos, maior umidade relativa do ar, observa-se redução significativa no desempenho reprodutivo e no crescimento dos animais. Esse cenário é intensificado pelas mudanças climáticas, cujos efeitos têm se tornado cada vez mais evidentes, impactando diretamente os sistemas de produção animal e a sustentabilidade da atividade pecuária (NARDONE et al., 2010).

No Nordeste brasileiro, essas condições ambientais adversas são particularmente marcantes, submetendo os animais ao estresse térmico durante grande parte do ano. Mesmo raças consideradas adaptadas às condições do semiárido podem apresentar limitações fisiológicas diante de níveis elevados de temperatura e radiação, comprometendo a eficiência produtiva e o bem-estar animal.

Para manter a temperatura corporal dentro de limites fisiológicos adequados, os animais desenvolvem respostas adaptativas que envolvem ajustes fisiológicos, comportamentais e metabólicos. Entretanto, essas adaptações podem resultar em custos biológicos, refletindo-se na redução do desempenho produtivo, alterações metabólicas e maior susceptibilidade a condições adversas.

A eficiência dos mecanismos de dissipação de calor está diretamente relacionada ao gradiente térmico existente entre o animal e o ambiente. Em condições favoráveis, nas quais esse gradiente é elevado, as formas sensíveis de perda de calor, como condução, convecção e radiação,

tornam-se mais eficientes. Nesse contexto, os animais de produção apresentam zonas de conforto térmico nas quais conseguem expressar seu potencial produtivo de forma otimizada, variando conforme espécie, raça, idade e estado fisiológico (PAWAR et al., 2022).

Por outro lado, em ambientes de elevada temperatura, nos quais o gradiente térmico é reduzido, os mecanismos evaporativos de dissipação de calor, como o aumento da frequência respiratória e a sudorese, tornam-se predominantes. Algumas raças de ovinos e caprinos apresentam maior eficiência nesses mecanismos, o que contribui para sua adaptação a ambientes quentes e para a manutenção de níveis produtivos satisfatórios (SILANIKOVE; KOLUMAN, 2015).

Diante desse cenário, os desafios relacionados à produção animal em regiões tropicais e semiáridas têm se intensificado, exigindo o desenvolvimento de estratégias de manejo, seleção e melhoramento genético que visem aumentar a resiliência dos animais ao estresse térmico. Nesse sentido, a identificação de indivíduos e raças com maior capacidade adaptativa tem sido apontada como abordagem promissora para minimizar os impactos negativos das condições ambientais adversas sobre a produção e reprodução de pequenos ruminantes (JOY et al., 2020).

Nesse contexto, a compreensão dos mecanismos de termorregulação em ovinos torna-se fundamental, especialmente em sistemas de produção inseridos no semiárido brasileiro. Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar os mecanismos de termorregulação em ovinos sob condições de estresse térmico, com ênfase na importância dos gradientes térmicos e da termografia como ferramentas para avaliação do bem-estar e da eficiência produtiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura, baseada na análise de informações disponíveis em artigos científicos, livros e demais publicações técnicas relacionadas à termorregulação em ovinos. Foram considerados estudos que abordam aspectos fisiológicos, ambientais, bioquímicos e tecnológicos envolvidos na adaptação de ovinos ao estresse térmico, incluindo variáveis como temperatura corporal, gradientes térmicos, parâmetros metabólicos e o uso da termografia infravermelha. A abordagem adotada permitiu a integração de diferentes perspectivas científicas, contribuindo para a compreensão dos mecanismos de adaptação térmica em condições ambientais adversas.

3 FISILOGIA DA TERMORREGULAÇÃO

A termorregulação, conforme definido por Souza e Batista (2012), é um mecanismo crucial que permite aos animais adaptarem-se a uma variedade de habitats. Este mecanismo envolve um conjunto de estratégias que os seres vivos utilizam para controlar sua temperatura corporal. Além disso, os animais podem ser comparados a sistemas físicos que têm a capacidade de produzir energia térmica. Eles possuem a habilidade de regular sua temperatura corporal dentro de determinados limites de temperatura. Isso demonstra a incrível capacidade dos animais de se adaptarem a diferentes condições ambientais.

No que diz respeito ao processo de termorregulação, Bridi (2015) classifica os animais em duas categorias principais: endotérmicos e ectotérmicos. Essa classificação é baseada na principal fonte de calor que os animais utilizam para manter a homeotermia. Os animais endotérmicos, por exemplo, têm a capacidade de manter sua temperatura corporal dentro de limites relativamente estreitos. Isso ocorre mesmo quando há oscilações na temperatura ambiente ou quando a atividade do animal muda drasticamente. Esta é uma demonstração da complexidade e eficácia dos mecanismos de termorregulação nos animais.

De acordo com os estudos realizados por Baeta e Souza (1997), foi observado que a temperatura corporal média de vários animais de produção apresenta variações específicas. Para os bovinos de corte, a temperatura média é de 38,3 °C, enquanto para os bovinos de leite é de 38,6 °C. As cabras e as ovelhas, por outro lado, têm uma temperatura corporal média de 39,1 °C.

Além disso, esses animais têm temperaturas limitantes específicas dentro das quais conseguem expressar seu potencial genético de forma natural. Para os bovinos de corte, essa faixa de temperatura é de 37,7 a 39,1 °C. Para os bovinos de leite, a faixa é ligeiramente mais alta, variando de 38,0 a 39,3 °C. As cabras e as ovelhas têm uma faixa de temperatura limitante ainda mais alta, variando de 38,5 a 39,7 °C e 38,5 a 39,9 °C, respectivamente (BAETA e SOUZA, 1997).

Segundo Bridi (2015), a manutenção da temperatura corporal constante nos animais é um processo complexo que envolve uma série de variações comportamentais, fisiológicas e metabólicas. Essas variações permitem que os animais ajustem sua temperatura corporal de acordo com as mudanças no ambiente.

Quando a temperatura corporal de um animal diminui, ele precisa produzir calor para elevá-la novamente. Isso é conseguido através de uma série de processos metabólicos que geram calor. Por outro lado, quando a temperatura corporal de um animal aumenta, ele precisa perder calor para o meio ambiente para evitar o superaquecimento. Isso é geralmente realizado através de comportamentos como a busca por sombra ou água para se refrescar (BRIDI, 2015).

De acordo com um estudo realizado por Nobre et al. (2013), a eficiência das formas evaporativas de perda de calor, como a respiração e a sudorese, varia entre diferentes espécies animais. Algumas espécies são mais eficientes nesses processos do que outras. Os autores também destacam que existem vários fatores ambientais que podem causar estresse térmico nos animais, seja por calor ou frio, entre esses fatores estão a umidade do ar, temperaturas elevadas e a radiação solar, esses elementos podem afetar significativamente o conforto térmico dos animais e, consequentemente, sua saúde e produtividade.

Conforme destacado por Souza e Batista (2012), o hipotálamo desempenha um papel crucial na regulação da temperatura corporal. Este órgão do cérebro não apenas responde à temperatura corporal média, mas também aos impulsos térmicos que emanam de quase todos os tecidos do organismo, mantendo-a dentro de uma faixa saudável, independentemente das flutuações na temperatura ambiente ou das demandas metabólicas do corpo.

4 INFLUÊNCIA DA COR DA PELAGEM NA TERMORREGULAÇÃO

As características biológicas, como a cor do pelo ou lã e da pele em animais adultos, desempenham um papel econômico significativo, especialmente em relação aos animais que produzem lã, conforme destacado por Utzeri et al., (2014). Em particular, as ovelhas, que são reconhecidas como importantes produtoras de fibra em escala global (DONG et al., 2017), têm um impacto direto na economia. Além disso, a fibra de lã, que é amplamente utilizada e apreciada pelos consumidores, tem uma presença marcante em nosso cotidiano.

A pele, conforme descrito por Ahmad e Mukhtar, (2004), atua como o principal órgão de termorregulação e desempenha funções cruciais na defesa contra condições ambientais hostis, invasões microbianas e danos físicos. Além disso, é interessante notar que as populações nativas do Tibete, que vivem em altitudes elevadas e estão sujeitas a intensa radiação ultravioleta,

desenvolveram adaptações notáveis na pigmentação da pele para lidar com essas condições extremas, conforme observado por (YANG et al., 2022).

A coloração da pelagem dos animais é determinada por dois pigmentos específicos, produzidos por células especializadas chamadas melanócitos, localizadas na epiderme da pele, conforme descrito por Barsh e Cotsarelis, (2007). Esses melanócitos são capazes de produzir um pigmento chamado melanina, que se apresenta em duas formas: feomelanina e eumelanina. A feomelanina exibe uma coloração que varia do amarelo ao vermelho, enquanto a eumelanina apresenta uma tonalidade que vai do preto ao marrom, conforme explicado por (YANG et al., 2022).

A melanina, um pigmento produzido pelos melanócitos, é sintetizada e acumulada nessas células devido a uma combinação de fatores genéticos, também conhecidos como ação genética (SHI et al., 2022), e fatores ambientais (LIN et al., 2015). Existem vários genes que foram identificados como reguladores do processo de produção de melanina.

Entre eles estão a proteína 1 relacionada à tirosinase (UTZERI et al., 2014), o receptor de melanocortina-1 (ABITBOL et al., 2014) e o fator de transcrição associado à microftalmia (Haase et al., 2013). Esses genes desempenham um papel crucial na transdução de sinal nos folículos capilares, contribuindo para a regulação da produção de melanina.

Em estudos conduzidos por Wu et al. (2021), foi revelado que os miRNAs desempenham um papel relevante na regulação da expressão da melanina. Esses pesquisadores, utilizando técnicas de sequenciamento profundo, descobriram que os miRNAs influenciam a expressão da melanina no nível pós-transcricional. Portanto, essas descobertas destacam a importância dos miRNAs na regulação da melanina.

Em um estudo realizado por McManus et al. (2016), foi observado que o fenótipo, ou seja, as características físicas observáveis das ovelhas, tem um impacto significativo em sua tolerância ao calor. Eles descobriram que ovelhas com pelos, por exemplo, geralmente têm uma maior resistência ao calor em comparação com as ovelhas com lã.

Além disso, Gerken (2010) destacou que a cor da pelagem de um animal pode afetar a quantidade de radiação que é absorvida e refletida, o que, por sua vez, influencia a quantidade de transferência de calor entre o animal e seu ambiente. McManus et al. (2016) também relataram que a pelagem escura tende a absorver mais energia da radiação solar do que a pelagem clara,

reforçando a ideia de que a cor da pelagem pode ter um papel importante na tolerância ao calor das ovelhas.

Silva (2000) destacou que a capacidade de um animal se adaptar ao calor pode ser influenciada por várias características morfológicas. Isso inclui aspectos da pele, como cor, espessura e a presença de glândulas sudoríparas, bem como características da pelagem, como a espessura da pelagem, o comprimento do pelo, e o diâmetro e densidade dos pelos. Esses fatores determinam a capacidade dos animais de dissipar o calor através de meios sensíveis e latentes.

Além disso, um estudo de Stuart-Fox et al. (2017) revelou uma descoberta interessante sobre os efeitos térmicos da cor da pelagem. Eles relataram que a absorção de calor pela cor da pelagem depende mais da absorvância da faixa do infravermelho próximo de comprimento de onda longo, em vez dos comprimentos de onda curtos visíveis da luz solar direta. Isso sugere que a cor da pelagem pode ter um papel importante na regulação da temperatura corporal dos animais em resposta ao calor.

5 ZONA DE CONFORTO TÉRMICO PARA OVINOS

Esse estudo da zona de conforto é de grande interesse para o entendimento do desenvolvimento animal. Segundo Afsal et al. (2018) em seu estudo observaram que, na pecuária, um aumento nas temperaturas externas pode levar a uma redução no consumo de ração pelos animais. Isso é feito com o objetivo de diminuir a produção de calor resultante do metabolismo, o que pode resultar em uma diminuição no crescimento e produção animal.

No entanto, é interessante notar que os animais que estão bem adaptados ao estresse térmico conseguem manter um equilíbrio entre a ingestão de alimentos e a dissipação da carga de calor. Isso é feito para regular a temperatura corporal e proteger contra o estresse térmico.

Além disso, Brown-Brandl et al. (2005) relataram que, durante condições de clima extremamente quente, as ovelhas que são termotolerantes apresentam uma taxa de conversão alimentar melhorada e um crescimento aprimorado. Isso sugere que a termotolerância pode ter um impacto significativo na eficiência e produtividade da pecuária em climas quentes.

Os parâmetros ambientais, como a temperatura e a umidade relativa do ar, desempenham um papel crucial na vida dos animais de produção. De acordo com Vieira et al., 2022, esses fatores têm um impacto direto na produtividade, reprodução e desenvolvimento geral desses animais. A

flutuação na temperatura e umidade pode resultar em estresse térmico nos animais, seja por temperaturas extremamente baixas ou altas, especialmente quando acompanhadas por um aumento na umidade relativa do ar.

No entanto, é importante notar que os animais têm a capacidade de se adaptar a essas variações climáticas, desde que não sejam extremas (GODDE et al., 2021). Mas, em situações em que essas mudanças são rápidas ou severas, os animais são forçados a recorrer a mecanismos comportamentais e fisiológicos para tentar se adaptar às novas condições.

6 GRADIENTES TÉRMICOS EM OVINOS

A temperatura retal (TR) é um indicador valioso da temperatura central do corpo, conforme destacado por (OMRAN et al., 2011). Este indicador é frequentemente usado para avaliar o nível de desconforto de um indivíduo. Além disso, a variação na TR é vista como um fenótipo significativo na avaliação de como um indivíduo responde ao estresse térmico, de acordo com (OTTO et al., 2019). Portanto, a TR e sua variação são ferramentas essenciais na avaliação do bem-estar de um indivíduo em condições de estresse térmico.

Para a realização de um estudo genômico eficiente, é essencial estabelecer estratégias adequadas para identificar e monitorar medidas apropriadas de estresse térmico, conforme enfatizado por (SEJIAN et al., 2018). No caso das ovelhas, a resposta ao estresse térmico é principalmente quantificada através de medidas fenotípicas fisiológicas. Estas incluem a temperatura retal (TR), a frequência respiratória (FR) e a presença de hormônios relacionados ao estresse, como cortisol, triiodotironina e tiroxina.

Estas medidas são consideradas indicadores de termotolerância, sendo a TR particularmente útil do ponto de vista prático. A TR ou corporal reflete todos os mecanismos termorreguladores internos em animais que são ativados para manter a homeostase. Portanto, a TR é vista como um indicador ideal da resposta imediata do animal para se proteger contra o estresse térmico, conforme destacado por (TAYLOR et al., 2014).

A identificação de fenótipos induzidos por estresse térmico em animais de importância agrícola é um elemento chave na determinação da termotolerância. Luo et al. (2021) sugerem que a TR é uma característica fenotípica valiosa que indica a tolerância ao calor.

Quando a TR está dentro de uma zona termoneutra, todos os animais conseguem manter seu comportamento e funções fisiológicas normais. No entanto, quando há um aumento na TR devido à exposição ao estresse térmico, a fisiologia normal é alterada. Isso se reflete em reduções na ingestão de alimentos e um aumento na FR, o que pode afetar o desempenho produtivo dos animais, conforme observado por (AFSAL et al., 2018).

O coeficiente de regressão, que representa a variação no índice de infertilidade para cada unidade de aumento na TR, foi sugerido como um marcador de termotolerância (LUNA-NEVAREZ et al., 2020). Os mecanismos fisiológicos observados em ovelhas, que incluem um aumento na FR e na pulsação, auxiliam na dissipação do excesso de calor, contribuindo para a manutenção de uma TR normal. Este fenômeno foi investigado por (DIGIACOMO et al., 2016).

Além disso, ovelhas que conseguem manter uma TR normal ou inferior, mesmo sob estresse térmico, são identificadas como termotolerantes. Isso ocorre porque esses animais são capazes de dissipar o calor corporal de maneira mais eficiente em comparação com aqueles que apresentam uma TR mais elevada (SHILJA et al., 2017).

Após a exposição ao estresse térmico, as ovelhas conseguem manter um índice de infertilidade (FI) constante por vários dias, apesar de pequenos aumentos na TR. No entanto, quando a TR atinge e ultrapassa 39,8 °C, uma resposta adaptativa adicional é acionada, que envolve uma redução significativa no FI, juntamente com um aumento na TR. Acredita-se que a diminuição no FI seja uma tentativa do organismo de reduzir a produção interna de calor resultante do metabolismo (SEJIAN et al., 2018).

O Índice de Temperatura de Inflexão é uma medida que indica a TR na qual as ovelhas conseguem manter constante o seu FI. Este limiar varia entre os animais, o que sugere a existência de um componente genético associado a esta característica. Quando a TR atinge o ponto de inflexão, observa-se uma redução no FI, que parece ser uma resposta adaptativa das ovelhas ao estresse térmico. Esta redução no FI permite que as ovelhas lidem com altas temperaturas ambientais, através da diminuição da carga térmica interna resultante do metabolismo (DIGIACOMO et al., 2016).

Portanto, um FI mais baixo é considerado uma estratégia adaptativa para minimizar a produção de calor. No entanto, uma maior tolerância térmica, refletida por uma TR mais baixa, indica a presença de um potencial genético para dissipar o calor de forma mais eficiente. Isso

permite que o FI permaneça estável, mesmo em condições de estresse térmico (SEJIAN et al., 2018).

Além disso, foi observado que ovinos tolerantes ao calor, quando expostos ao estresse térmico, apresentam uma maior digestibilidade da matéria seca e uma melhor conversão alimentar. Isso sugere que esses animais são capazes de atender às suas necessidades nutricionais de forma mais eficaz, mesmo quando expostos a condições climáticas adversas (WILKES et al., 2012).

Conforme relatado por Swenson e Reece (2006), a TR em pequenos ruminantes pode variar entre 38,3 °C e 40,0 °C. Essa medida é comumente usada como um indicador da temperatura corporal desses animais, apesar da temperatura corporal poder variar em diferentes partes do corpo ao longo do dia.

7 VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS SANGUÍNEAS

Para uma interpretação precisa do perfil metabólico, é essencial conhecer os valores de referência adequados para a região e população específica, bem como estabelecer intervalos de referência para animais de diferentes raças e idades em cada espécie animal (KARTHIK et al., 2021). Há uma necessidade de expandir as pesquisas para determinar os valores de referência para ovinos, considerando fatores que causam variações nas concentrações metabólicas, como idade, estado fisiológico e respostas metabólicas (VARANIS, 2018).

Os lipídios do plasma sanguíneo são compostos por colesterol, fosfolipídios e triglicerídeos. Os triglicerídeos são mobilizados como fonte de energia quando há deficiências nas necessidades de glicose (PAYNE e PAYNE, 1987). Em ambientes de alta temperatura, os níveis de glicose e colesterol no sangue diminuem, indicando falha na homeostase dos animais (Ribeiro et al., 2016; 2018). A manutenção de níveis estáveis de glicose no sangue é regulada pelo fígado, tecidos extra-hepáticos e hormônios, incluindo insulina, glucagon, adrenalina, cortisol e hormônios tireoidianos (SWENSON e REECE, 2006).

Em ruminantes, a manutenção da concentração de glicose plasmática está relacionada à estabilidade glicêmica, uma vez que os carboidratos da dieta são quase totalmente utilizados no rúmen (GRESSLER et al., 2015). Alterações fisiológicas, como a gravidez, também influenciam a concentração sanguínea de glicose, assim como fatores ambientais, como o estresse, que podem

alterar a dinâmica hormonal que regula a gliconeogênese e o uso celular de glicose (ANGELI, 2014).

O estresse térmico tem um grande efeito sobre os níveis de colesterol total, possivelmente devido ao aumento do uso de ácidos graxos para produção de energia como resultado da redução da concentração de glicose em animais submetidos ao estresse térmico (MUNDIM et al., 2007). Segundo Silva et al. (2020), os níveis de colesterol plasmático são um bom indicador do balanço energético. Em ruminantes, a biossíntese do colesterol ocorre principalmente no intestino delgado e no tecido adiposo, a partir do acetil-CoA derivado do ácido acético, que é produzido no rúmen através da fermentação da fibra (KANEKO et al., 2008).

Os triglicerídeos são a principal forma de armazenamento de energia no organismo animal, sendo sintetizados em quase todos os tecidos, com destaque para o fígado e o tecido adiposo. A biossíntese dos triglicerídeos é feita a partir da glicose circulante e do glicerol, portanto, suas concentrações estão relacionadas às de glicose (ANGELI, 2014).

Em relação às proteínas, pode haver um aumento geral em animais submetidos a estresse térmico (RIBEIRO et al., 2016; 2018). A concentração de proteínas totais no sangue reflete de maneira muito confiável o status nutricional proteico e, em animais não lactantes, uma diminuição nos níveis deste metabólito pode indicar deficiência proteica na dieta (RODRIGUES et al., 2017).

Segundo Gressler et al. (2015), trabalhando com ovinos Santa Inês adultas em Mato Grosso do Sul, encontraram valores médios de proteína entre 6,62 e 7,01 g dL⁻¹. A albumina é a proteína mais abundante no plasma e suas alterações lentas indicam o aporte proteico da dieta fornecida ao animal. Para observar alterações significativas na sua concentração, é necessário um período de observação de pelo menos 30 dias (SILVA et al., 2020). Autores como Gouveia et al. (2015) citaram valores médios de 3,13 g dL⁻¹ para albumina em animais sem padrão racial definido com idade média de seis meses.

Aproximadamente 70% da proteína consumida são convertidas em amônia no rúmen, que é usada como fonte de nitrogênio na síntese de aminoácidos e proteína microbiana. A fração de amônia não utilizada no rúmen é absorvida e encaminhada ao fígado para ser convertida em ureia, que circula na corrente sanguínea (GRESSLER et al., 2015). Portanto, a concentração de ureia plasmática está diretamente relacionada com a ingestão de proteínas e a proporção de proteína degradável no rúmen presente na ração (GONSALVES NETO et al., 2017).

A creatinina, uma substância encontrada no músculo, está envolvida no metabolismo energético. O catabolismo da creatinina é lento e constante, e essa taxa é diretamente proporcional à massa muscular do animal. De fato, há um influxo constante de creatinina para o plasma que não é afetado por qualquer alteração na atividade muscular ou lesão muscular (KERR, 2003).

A concentração sanguínea dos metabólitos pode sofrer alterações devido a vários fatores intrínsecos ao animal e ao ambiente, principalmente a dieta. A adaptação do organismo animal a um determinado ambiente influencia o funcionamento das vias metabólicas, podendo causar variações nos níveis considerados normais. No entanto, essas variações não são necessariamente sinônimos de doenças ou desordens metabólicas e devem ser analisadas levando em consideração o ambiente em que o animal se encontra (SILVA et al., 2020).

8 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM OVINOS

A Termografia Infravermelha (TIV) é uma técnica não invasiva que mede a temperatura da superfície corporal de um animal, captando a radiação infravermelha que ele emite. Em meio a preocupações crescentes com o bem-estar animal, a necessidade de métodos não invasivos, rápidos, eficientes e confiáveis para a obtenção da temperatura corporal tem sido objeto de investigação (LEES et al., 2018).

A TIV funciona com base no princípio de que todos os objetos emitem radiação infravermelha característica em função de sua temperatura (KASTBERGER e STACHL, 2003). Essa radiação é proporcional à temperatura da superfície do corpo (BITAR et al., 2009) e é avaliada por meio de uma câmera termográfica, que produz imagens com diferentes padrões de cores dependendo da temperatura dos objetos fotografados. Os valores de temperatura nas imagens estão fortemente relacionados com a emissividade do objeto, que é definida como a capacidade relativa de uma superfície em emitir e absorver radiação (RODRÍGUEZ-PRIETO et al., 2013).

A TIV oferece uma alternativa para quantificar a temperatura corporal dos animais, medindo a temperatura da superfície com base nas emissões proporcionais de radiação de calor do corpo (MACMILLAN et al., 2019). Imagens infravermelhas também podem indicar a diferença no fluxo sanguíneo resultante da alta temperatura corporal sob condições ambientais estressantes (McMANUS et al., 2015).

A temperatura de diferentes partes do corpo, como olho (DALTRO et al., 2017), testa (PENG et al., 2019), focinho (FUENTES et al., 2020), alcatra (BAIDA et al., 2021), flanco (McManus et al., 2015), pés (Montanholi et al., 2008) e temperaturas do úbere (OSEI-AMPONSAH et al., 2020), medidas usando TIV, têm sido usadas para quantificar parâmetros fisiológicos e estresse em várias espécies animais.

No entanto, existem algumas limitações e fatores que devem ser levados em consideração ao usar a TIV. A medição precisa do TIV geralmente requer um ângulo de imagem consistente e uma distância do objeto, juntamente com temperatura ambiente constante, velocidade do vento e luz solar direta (IDRIS et al., 2021).

9 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A termorregulação em ovinos é crucial para a produtividade e o bem-estar, assim como os gradientes térmicos e termografia são ferramentas essenciais para avaliação de estresse. A resistência térmica indica tolerância ao calor e afeta o desempenho do animal e a termotolerância afeta a conversão alimentar e o crescimento em climas quentes.

Em suma, para sustentar a produção pecuária e garantir a segurança alimentar global num cenário climático em mudança, são necessários esforços significativos para desenvolver ou selecionar raças que possa resistir às tensões climáticas, sustentar a produção e emitir pouco metano. Estes esforços representam um desafio, mas também uma oportunidade para a pesquisa futura na área de termorregulação em ovinos.

REFERÊNCIAS

- ABITBOL, M.; LEGRAND, R.; TIRET, L. A missense mutation in melanocortin 1 receptor is associated with the red coat colour in donkeys. **Animal Genetics**, v. 45, p. 878–880, 2014.
- AFSAL, A. et al. Heat stress and livestock adaptation: neuro-endocrine regulation. **International Journal of Veterinary and Animal Medicine**, v. 1, p. 2, 2018.
- AHMAD, N.; MUKHTAR, H. Cytochrome p450: a target for drug development for skin diseases. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 123, n. 3, p. 417–425, 2004.
- ANGELI, N. C. **Metabolismo de lipídeos em ruminantes**. In: SEMINÁRIO APRESENTADO NA DISCIPLINA BIOQUÍMICA DO TECIDO ANIMAL. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 6, 2014.

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997.
- BAIDA, B. E. L. et al. Technologies for the automated collection of heat stress data in sheep. **Animal Biotelemetry**, v. 9, p. 1–15, 2021.
- BARSH, G.; COTSARELIS, G. How hair gets its pigment. **Cell**, v. 130, p. 779–781, 2007.
- BITAR, D.; GOUBAR, A.; DESENCLOS, J. C. Viagens internacionais e triagem de febre durante epidemias: uma revisão da literatura. **Eurovigilância**, p. 14, 2009.
- BRIDI, A. M. Adaptação e aclimação animal. Apostila de Bioclimatologia. Disponível em: <http://pt.slideshare.net>. Acesso em: 05 maio 2015.
- BROWN-BRANDL, T. M. et al. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. **International Journal of Biometeorology**, v. 49, p. 285–296, 2005.
- DALTRO, D. D. S. et al. Infrared thermography as a method for evaluating heat tolerance in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 374–383, 2017.
- DIGIACOMO, K. et al. Dietary betaine impacts the physiological responses to moderate heat conditions in sheep. **Animals**, v. 6, p. 51, 2016.
- DONG, C. et al. Functional role of cyclin-dependent kinase 5 in melanogenesis. **Scientific Reports**, v. 7, p. 13783, 2017.
- FUENTES, S. et al. Non-invasive sheep biometrics obtained by computer vision algorithms. **Sensors**, v. 20, p. 6334, 2020.
- GERKEN, M. Relationships between integument characteristics and thermoregulation. **Animal**, v. 4, p. 1451–1459, 2010.
- GODDE, C. M. et al. Impacts of climate change on livestock systems. **Global Food Security**, v. 28, 2021.
- GONSALVES NETO, J. et al. Tipos de ureia e fontes de carboidratos em cordeiros. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, p. 1–15, 2017.
- GOUVEIA, L. N. F. et al. Perfil metabólico de ovinos em crescimento. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, p. 5–9, 2015.
- GRESSLER, M. A. L. et al. Respostas bioquímicas de ovelhas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 210–222, 2015.
- HAASE, B. et al. Accumulating mutations in haplotypes. **PLoS One**, v. 8, n. 9, p. 75071, 2013.
- IDRIS, M. et al. Non-invasive physiological indicators of heat stress. **Animals**, v. 11, p. 71, 2021.
- JOY, A. et al. Resilience of small ruminants to climate change. **Animals**, v. 10, 2020.

- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008.
- KARTHIK, D. et al. Adaptive profiles of Nellore sheep. **Heliyon**, v. 7, p. 07117, 2021.
- KASTBERGER, G.; STACHL, R. Tecnologia de imagem infravermelha. **Métodos de Pesquisa de Comportamento, Instrumentos e Computadores**, v. 35, p. 429–439, 2003.
- KERR, G. M. **Exames laboratoriais em medicina veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2003.
- LEES, A. M. et al. Using infrared thermography in steers. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 3–8, 2018.
- LIN, B. D. et al. Heritability and GWAS for hair color. **Genes**, v. 6, p. 559–576, 2015.
- LUNA-NEVAREZ, G. et al. SNP markers associated to heat stress. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 3457–3466, 2020.
- LUO, H. et al. Genomic analyses for heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 4, p. 4441–4451, 2021.
- MCMANUS, C. et al. Infrared thermography in lambs. **Sensors**, v. 15, p. 17258–17273, 2015.
- MCMANUS, C. et al. Infrared thermography overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 10–16, 2016.
- MACMILLAN, K. et al. Evaluation of infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v. 125, p. 315–322, 2019.
- MONTANHOLI, Y. R. et al. Application of infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v. 33, n. 8, p. 468–475, 2008.
- MUNDIM, A. V. et al. Perfil bioquímico sanguíneo de cabras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 306–312, 2007.
- NARDONE, A. et al. Effects of climate change on animal production. **Livestock Science**, v. 130, p. 57–69, 2010.
- NOBRE, I. S. et al. Efeito de diferentes níveis de concentrado. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 14–20, 2013.
- OMRAN, F. I. et al. Responses of hematology to heat stress. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, v. 89, n. 3, p. 1129–1138, 2011.
- OSEI-AMPONSAH, R. et al. Heat stress impacts on lactating cows. **Animals**, v. 10, p. 869, 2020.
- OTTO, P. I. et al. GWAS for heat stress response. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 9, p. 8148–8158, 2019.
- PAYNE, J. M.; PAYNE, S. **The metabolic profile test**. New York: Oxford University Press, 1987.

- PAWAR, A. B. et al. A response of dairy animals to heat stress. **Journal of Pharmaceutical Innovation**, v. 11, p. 742–749, 2022.
- PENG, D. et al. Infrared thermography in dairy cows. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, p. 327–336, 2019.
- RIBEIRO, M. N. et al. Blood variables of goats under heat stress. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, p. 1036–1041, 2018.
- RIBEIRO, N. L. et al. Adaptive profile of goat breed. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 236–241, 2016.
- RODRIGUES, O. G. et al. Perfil mineral sérico de cordeiros. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, p. 332–338, 2017.
- RODRÍGUEZ-PRIETO, V. et al. Identificação de janelas térmicas. **Ciência dos Mamíferos Marinhos**, v. 29, p. 167–176, 2013.
- SEJIAN, V. et al. Adaptation of animals to heat stress. **Animal**, v. 12, n. S2, p. 431–444, 2018.
- SHILJA, S. et al. Estresse nutricional e calor. **Biological Rhythms Research**, v. 48, p. 65–83, 2017.
- SHI, R. et al. Genes relacionados à densidade da lã. **PLoS One**, v. 17, n. 5, p. 0265989, 2022.
- SILANIKOVE, N.; KOLUMAN, D. N. Climate change and dairy industry. **Small Ruminant Research**, v. 123, p. 27–34, 2015.
- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000.
- SILVA, D. A. P. et al. Metabólitos bioquímicos em ovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1–5, 2020.
- SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Estresse térmico na fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 6–10, 2012.
- STUART-FOX, D. et al. Thermal consequences of color. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 372, p. 1–8, 2017.
- SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes – fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- TAYLOR, N. A. et al. Measurement of body temperatures. **Journal of Thermal Biology**, v. 46, p. 72–101, 2014.
- UTZERI, V. J. et al. TYRP1 gene mutation. **Animal Genetics**, v. 45, p. 600–603, 2014.
- VARANIS, L. F. M. **Prospecção de metabólitos sanguíneos referenciais para ovinos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- VIEIRA, R. et al. Heat tolerance in cattle. **Livestock Science**, v. 258, 2022.

WILKES, M. et al. Digestible energy intake in sheep. **Animal Production Science**, v. 52, p. 30–34, 2012.

WU, S. et al. MiR-27a regulation in goats. **Animal Biotechnology**, v. 32, n. 2, p. 205–212, 2021.

YANG, Z. et al. Skin pigmentation in Tibetans. **PNAS**, v. 119, n. 40, 2022.



**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 7

**Respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor em caprinos mestiços
de Boer no semiárido**

**Physiological responses and heat tolerance index in crossbred Boer goats in the semi-
arid region**

**Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Gustavo de Assis Silva¹; Dermeval Araújo Furtado¹;
Antônio Nelson Lima da Costa²; José Valmir Feitosa²; Maria Das Graças Gomes
Cunha³; Marta Maria Soares Freitas¹; João Vinícius Barbosa Roberto¹; Fabíola
Franklin de Medeiros¹; Rosangela Maria Nunes da Silva¹; Claudiney Felipe Almeida
Inô¹**

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

² Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato, Ceará, Brasil.

³ Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), Soledade – PB, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c07>

RESUMO

Objetivou-se avaliar a adaptabilidade de caprinos de três grupos genéticos ($\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ sem raça definida, $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ sem raça definida e sem raça definida – SRD) criados em sistema extensivo no semiárido.

Foram utilizados 21 caprinos, machos inteiros, com idade de 120 dias, avaliados em duas épocas do ano (seca e chuvosa). Os valores do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) registrados foram de 81,65 e 82,60 na sombra, e 90,71 e 85,54 no sol, nas épocas seca e chuvosa, respectivamente, caracterizando condições de estresse térmico. Verificou-se efeito significativo ($P<0,05$) dos grupos genéticos sobre a frequência respiratória. Para a temperatura retal e o índice de tolerância ao calor não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos grupos genéticos. Conclui-se que os caprinos $\frac{3}{4}$ Boer e $\frac{1}{2}$ Boer apresentam o mesmo grau de tolerância ao calor dos animais sem raça definida, criados em sistema extensivo no semiárido paraibano.

Palavras-chave: bioclimatologia; ambiente; parâmetros fisiológicos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the adaptability of goats from three genetic groups ($\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ crossbred, $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ crossbred and crossbred – SRD) raised under an extensive system in the semi-arid region. A total of 21 intact male goats, with 120 days of age, were used and evaluated in two periods of the year (dry and rainy seasons). The values of the black globe temperature and humidity index (BGHI) recorded were 81.65 and 82.60 in the shade, and 90.71 and 85.54 in the sun, during the dry and rainy seasons, respectively, characterizing conditions of heat stress. A significant effect ($P<0.05$) of genetic groups on respiratory rate was observed. For rectal temperature and heat tolerance index, no significant effect ($P>0.05$) of genetic groups was found. It was concluded that $\frac{3}{4}$ Boer and $\frac{1}{2}$ Boer goats present the same level of heat tolerance as crossbred animals, raised under an extensive system in the semi-arid region of Paraíba.

Keywords: bioclimatology; environment; physiological parameters.

INTRODUÇÃO

Apesar da boa adaptação dos caprinos às condições climáticas do Nordeste, região detentora de mais de 90% de todo rebanho nacional, o sistema de criação extensivo associado à falta de práticas corretas de manejo, os intempéries climáticos e principalmente, cruzamentos desordenados, contribuiu para o surgimento de um grande percentual de animais sem padrão racial definido, rústicos e pouco produtivos (OLIVEIRA et al., 2005; ANDRADE et al., 2007; MARTINS JÚNIOR et al., 2007b). Na tentativa de contornar esse problema várias medidas vêm

sendo tomadas, destacando-se o melhoramento genético, através de programas de cruzamentos com raças exóticas especializadas na produção de carne ou leite (LÔBO et al., 2010). Dentre as raças de corte selecionadas, a Boer vem sendo criada e pesquisada no semiárido e em outras regiões do país (LÔBO et al., 2010; MARTINS JÚNIOR et al., 2007a), tendo a mesma se destacado pelo elevado grau de adaptabilidade, quando testada em situação de confinamento (SANTOS et al., 2005) ou semi- confinamento (SILVA et al., 2006), contudo em sistema extensivo de criação os trabalhos são escassos. Segundo Rocha et al. (2009) há predominância desse sistema na criação para caprinos, o que predispõe os animais a condições de temperatura e umidade inadequadas em determinadas épocas do ano. De um modo geral os animais não têm condições de exteriorizar todo o seu potencial produtivo nesse sistema de criação no semiárido, principalmente as raças especializadas para alta produção (SOUZA et al., 2011).

Sabendo-se que o clima pode interagir com os animais alterando suas respostas fisiológica, comportamental e produtiva e que a interação entre animal e ambiente deve ser bem estudada quando se deseja uma maior eficiência na exploração animal (NEIVA et al., 2004). O uso de raças exóticas em programas de cruzamento com raças ou tipos locais pode contribuir para elevar o nível de produtividade, sem perder a rusticidade dos animais nativos, todavia a incompatibilidade entre determinados grupos genéticos e as condições do sistema de criação tem se manifestado em algumas situações, fazendo com que o uso do cruzamento com animais exóticos, deixe de ser uma ferramenta eficiente (Sousa et al. 2011). Portanto, muita atenção deve ser dada, quando são introduzidas novas raças em uma região para programas de melhoramento genético, uma vez que as variáveis ambientais como: temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar, podem provocar alterações nos parâmetros fisiológicos (SILVA et al., 2010; 2006a) e consequentemente no desempenho. O conhecimento da tolerância e da capacidade de adaptação das diversas raças como forma de embasamento técnico para sua exploração, bem como das propostas de introdução de raças visando à obtenção de tipos ou raças com maior capacidade de produção no semiárido é imprescindível (BEZERRA, et al., 2011; SILVA et al., 2010) para o desenvolvimento sustentável da caprinocultura nessa região.

Além disso, em regiões semiáridas, as elevadas temperaturas associadas à radiação solar e à baixa umidade relativa do ar impõem desafios adicionais à manutenção da homeotermia dos animais, exigindo adaptações fisiológicas contínuas. Nessas condições, alterações nos parâmetros fisiológicos, como temperatura corporal e frequência respiratória, tornam-se fundamentais para a

dissipação do calor e manutenção do equilíbrio térmico (MASCARENHAS et al., 2023; SOUZA et al., 2013).

O estresse térmico, quando prolongado, pode comprometer não apenas o desempenho produtivo, mas também funções fisiológicas essenciais, incluindo a reprodução, uma vez que atua diretamente sobre o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, reduzindo a eficiência reprodutiva dos animais (MEDEIROS et al., 2023).

Diante da realidade atual da caprinocultura de corte, onde o sistema de criação predominante ainda é o extensivo, no qual os animais enfrentam diretamente as adversidades do clima e a escassez de alimentos em determinado período do ano, a maior parte do rebanho é constituído de animais sem raça definida e animais mestiços com diversos graus de sangue, principalmente, da raça Boer. Objetivou-se com este trabalho fazer uma avaliação comparativa da adaptabilidade entre caprinos $\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{2}$ Boer e animais sem raça definida da região com base nas respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor, criados no sistema extensivo, no semiárido paraibano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental de Pendência pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), localizada no município de Soledade - PB, microrregião do Curimataú Ocidental, do Estado da Paraíba. Nessa região a precipitação média anual gira em torno de 700 mm e a temperatura é alta durante o ano inteiro, com médias térmicas entre 23-28 °C (CEZAR et al., 2004).

Foram utilizados 21 caprinos, machos não castrados, de três grupos genéticos $\frac{3}{4}$ Boer, $\frac{1}{2}$ Boer e sem raça definida, com idade inicial de 120 dias, em duas épocas do ano (seca: de setembro a dezembro e chuvosa: de janeiro a maio). Distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3x2x2 (três grupos genéticos; duas épocas e duas condições de conforto térmico), com sete repetições, repetido no tempo. Os animais foram submetidos a um regime extensivo de criação, com pastagem nativa (caatinga). Durante todo o período experimental, foi disponibilizado aos animais um bebedouro com água “*ad libitum*” e um comedouro com suplementação à base de sal proteinado.

O ambiente experimental foi monitorado com auxílio de termômetros de máxima e mínima temperaturas, termômetro de bulbo seco, termômetro de bulbo úmido e termômetro de globo

negro. Os dados ambientais foram coletados diariamente às 09h:00min e às 15h:00min. Com o auxílio dessas variáveis foram calculados: a umidade relativa do ar e o índice de temperatura do globo negro e umidade através da fórmula descrita por (BUFFINGTON et al., 1981).

Os parâmetros fisiológicos estudados foram: temperatura retal e frequência respiratória, aferidos duas vezes por semana, nos turnos da manhã entre 8:30 e 9:30 h, e da tarde entre 14h:30min e 15h:30min em duas épocas do ano, seca e chuvosa.

A temperatura retal foi determinada através de termômetro clínico veterinário e a frequência respiratória pela auscultação indireta, com auxílio de estetoscópio (SOUZA et al., 2011). A avaliação da tolerância dos animais ao calor foi realizada por meio do Índice de tolerância ao calor durante três dias não consecutivos (BEZERRA et al., 2011). Durante o teste, foram avaliadas as respostas fisiológicas, temperatura retal e frequência respiratória, antes e logo após a exposição dos animais a radiação solar, com o intuito de verificar os efeitos do estresse provocado. Para a avaliação do Índice de tolerância ao calor, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado num esquema fatorial 3x2 (três grupos genéticos e duas épocas) com sete repetições, repetido no tempo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa SAS Institute (1999) e os valores médios comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das temperaturas ambientais, índices de temperatura do globo negro e a umidade relativa do ar, observadas durante período experimental encontram-se na Tabela 1.

Houve efeito ($P<0,05$) de turno para temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro e índice de temperatura do globo negro e umidade, sendo as médias no turno da tarde superior às registradas no turno da manhã, tanto no sol como na sombra. Resultados que corroboram com os encontrados por Silva et al. (2006b) ao estudarem essas variáveis nos mesmos períodos do dia e épocas do ano.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de época para as variáveis, temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro e índice de temperatura do globo negro e umidade com médias apresentando-se superiores na época seca. Já para a umidade relativa, as médias foram maiores na época chuvosa. Com relação às médias de temperatura de bulbo seco, no turno da manhã e da época chuvosa, de 27,75 e 28,38 °C, respectivamente, as mesmas apresentaram-se dentro da faixa de

conforto térmico (20 e 30 °C) estabelecida por Baêta & Souza (1997), contudo as médias do turno da tarde (33,66 °C) e a da época seca (31,94 °C) ultrapassado a temperatura máxima de conforto térmico citada por esses autores.

TABELA 1 – Médias das variáveis climatológicas: temperatura do bulbo seco (TBS), temperatura do globo negro na sombra (TGN_{SB}) e no sol (TGN_{SL}), índice de temperatura do globo negro e umidade na sombra (ITGU_{SB}) e no sol (ITGU_{SL}) e umidade relativa do ar (UR) nos turnos da manhã e tarde, nas épocas seca e chuvosa.

Fatores	Temperaturas (°C)			Índices		UR (%)
	TBS	TGN _{SB}	TGN _{SL}	ITGU _{SB}	ITGU _{SL}	
Turnos						
Manhã	27,75B	30,50B	36,33B	78,63B	84,46B	60,16A
Tarde	33,66A	35,83A	41,50A	84,36A	90,03A	48,50A
Épocas						
Seca	31,94A	33,94A	43,00A	81,65A	90,71A	42,83B
Chuvosa	28,38B	33,11A	36,05B	82,60A	85,54B	63,72A
CV(%)	3,78	7,22	6,51	3,09	3,05	13,01

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si (P<0,05).

Os valores registrados para o índice de temperatura do globo negro e umidade apresentaram-se mais elevados no turno da tarde na sombra e no sol, 84,36 e 90,03, respectivamente e na época seca 90,71; resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2005), contudo esses valores não podem ser definidos como situação de emergência para caprinos, uma vez que por falta de uma tabela que determine os limites do índice de temperatura do globo negro e umidade para esta espécie, tem-se como base os resultados de pesquisas realizadas no Brasil por vários autores (SANTOS et al. 2005; SOUZA, et al. 2005; SILVA, et al. 2006a) que demonstram que a exigência térmica dos caprinos é diferente da dos bovinos.

Os resultados da temperatura retal e da frequência respiratória dos grupos genéticos submetidos à radiação solar direta e da condição de conforto térmico antes e depois do estresse na época seca e chuvosa, encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 – Médias das respostas fisiológicas temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) dos grupos genéticos submetidos à radiação solar direta e da condição de conforto térmico (antes e depois do estresse) nas épocas seca e chuvosa.

Fatores	Parâmetros	
	TR (°C)	FR (mov./min.)
Grupos Genéticos		
¾ Boer	39,20A	46,00A
½ Boer	39,35A	46,51A
SRD	39,41A	39,74B
Épocas		
Seca	39,19A	53,54A
Chuvosa	39,41A	34,63B
Condição de conforto		
Antes do Estresse	39,02A	32,04B
Depois do Estresse	39,58A	56,13A
CV (%)	0,83	34,00

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada parâmetro diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de variância não revelou interação significativa entre os fatores estudados. Para a temperatura retal não se verificou efeito ($P>0,05$) de nenhum dos fatores. Embora as médias do índice de temperatura do globo negro e umidade tenham se apresentado elevadas, no turno da tarde, nos ambientes de sombra e sol 84,36 e 90,03, respectivamente (Tabela 1), os grupos genéticos estudados apresentaram alta capacidade de dissipação de calor, pois a temperatura retal, tanto antes como depois do estresse calórico, apresentou-se dentro da normalidade. Em caprinos a temperatura retal normal pode variar de 38,5 °C a 39,7 °C, existindo fatores capazes de causar algum tipo de alteração na temperatura corporal, por exemplo, estação do ano, época quente ou fria e período do dia. As médias da temperatura retal verificadas nas duas épocas do ano apresentaram-se próximas às descritas (SILVA et al., 2004).

Resultados semelhantes foram observados em estudos conduzidos no semiárido brasileiro, nos quais valores elevados de ITGU foram associados a condições de desconforto térmico, especialmente no turno da tarde, indicando maior desafio à termorregulação dos animais (SOUZA

et al., 2013). Nessas condições, a manutenção da temperatura corporal dentro da normalidade evidencia a eficiência dos mecanismos adaptativos dos caprinos.

Para a frequência respiratória houve efeito ($P<0,05$) de todos os fatores, tendo havido diferença significativa ($P<0,05$) entre o grupo sem raça definida que apresentou a menor média em relação aos demais grupos. Já os grupos $\frac{3}{4}$ Boer e $\frac{1}{2}$ Boer não diferiram ($P>0,05$) entre si. Entre as épocas seca e chuvosa a frequência respiratória foi maior ($P<0,05$) na época seca. Resultados que corroboram com os encontrados por outros pesquisadores (SILVA et al., 2006; MARTINS JÚNIOR et al., 2007b).

Com a redução do gradiente térmico ocorre uma menor perda de calor através da forma sensível o que provoca um aumento da frequência respiratória. Para caprinos a frequência respiratória é considerada normal quando apresenta valor médio de 15 movimentos respiratórios por minuto, podendo esses valores variar entre 12 e 25 movimentos por minuto em condições de conforto, e estes são susceptíveis à influência da temperatura ambiente ingestão de alimentos, gestação, idade e tamanho do animal (SOUZA, et al. 2011; SILVA, et al., 2010; JESUS, et al. 2010). Os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos registrados por outros autores (SANTOS et al., 2005; SILVA et al., 2006b) para caprinos no semiárido.

O aumento da frequência respiratória está diretamente relacionado à redução do gradiente térmico entre o animal e o ambiente, indicando maior dependência dos mecanismos evaporativos de dissipação de calor. Esse comportamento fisiológico é característico de caprinos adaptados ao semiárido, sendo considerado um importante indicador de estresse térmico (SOUZA et al., 2013; MASCARENHAS et al., 2023).

O estresse provocou uma elevação significativa da frequência respiratória ($P<0,05$) passando de 32,04 para 56,13 mov./min., o que pode ser considerado um estresse médio-alto (SILANIKOVE 2000). Em condições de ITGU médio de 77 e 83, em pesquisas realizadas com caprinos no Brasil, verificou-se um aumento médio de 13,73 mov./min., passando de 34,27 e 48,00 mov./min. (SANTOS et al., 2005; SILVA et al., 2006a; SOUZA et al., 2008a). Considerando que o desconforto térmico ocorre de forma mais acentuada no período da tarde, independente da época do ano, faz-se necessário maiores cuidados para melhorar as condições de conforto térmico dos animais neste período. Esse aumento da frequência respiratória pode ser interpretado como uma resposta fisiológica compensatória ao estresse térmico, visando aumentar a dissipação de calor por evaporação. Estudos recentes demonstram que, à medida que o ambiente

se torna mais quente, ocorre uma mudança dos mecanismos de perda de calor sensível para mecanismos insensíveis, especialmente a evaporação respiratória (MASCARENHAS et al., 2023).

As médias da temperatura retal observadas durante a realização do teste de tolerância ao calor encontram-se na Tabela 3.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P>0,05$) dos grupos genéticos para a temperatura retal antes da exposição ao estresse térmico, bem como não houve diferença entre as épocas seca e chuvosa. Esse resultado indica que, em condições basais, os diferentes grupos genéticos apresentaram comportamento fisiológico semelhante, mantendo a homeotermia dentro dos padrões considerados normais para a espécie.

Com relação à temperatura retal após a exposição ao estresse térmico, verificou-se diferença significativa ($P<0,05$) entre os grupos genéticos estudados. Os animais $\frac{3}{4}$ Boer apresentaram menores valores de temperatura retal em comparação aos grupos $\frac{1}{2}$ Boer e sem raça definida (SRD), que não diferiram entre si. Esse resultado sugere uma maior eficiência dos animais com maior proporção genética da raça Boer na dissipação de calor, possivelmente associada a mecanismos fisiológicos mais eficientes de termorregulação.

O aumento da temperatura corporal observado após o estresse térmico indica que os mecanismos de dissipação de calor não foram suficientes para compensar a carga térmica imposta pelo ambiente, resultando em acúmulo de calor corporal e caracterizando condição de estresse calórico. Em situações como essa, os animais tendem a intensificar mecanismos termolíticos, especialmente a evaporação por meio do aumento da frequência respiratória, como forma de manter o equilíbrio térmico.

Para o índice de tolerância ao calor, não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) entre os grupos genéticos, indicando que, de modo geral, todos os grupos apresentaram capacidade semelhante de adaptação às condições ambientais do semiárido. Esses resultados corroboram com os encontrados por (SILVA et al., 2006a) e (SANTOS et al., 2005), que, ao avaliarem caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano, também não observaram diferenças expressivas na tolerância ao calor entre grupos genéticos em diferentes sistemas de criação.

Por outro lado, verificou-se efeito significativo ($P<0,05$) das épocas do ano sobre o índice de tolerância ao calor, com maior média observada na época seca (9,88). Esse resultado pode estar relacionado à maior exposição dos animais a condições ambientais mais severas,

promovendo adaptações fisiológicas mais intensas. Segundo (SANTOS et al., 2005), valores próximos a 10 para o índice de tolerância ao calor são indicativos de elevada capacidade de adaptação, sendo o valor de 9,56 já considerado representativo de muito alta tolerância ao calor em caprinos da raça Boer.

TABELA 3 – Médias da temperatura retal antes do estresse calórico (TR1) e depois (TR2) e do índice de tolerância ao calor (ITC) dos grupos genéticos nas épocas seca e chuvosa.

Fatores	Parâmetros		
	TR1 (°C)	TR2 (°C)	ITC
Grupos Genéticos			
¾ Boer	38,93 A	39,02 B	9,91 A
½ Boer	39,06 A	39,35 A	9,71 A
SRD	39,08 A	39,39 A	9,68 A
Épocas			
Seca	38,94 A	39,06 B	9,88 A
Chuvosa	39,10 A	39,45 A	9,65 B
CV (%)	0,861	0,869	2,734

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada parâmetro diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dessa forma, os valores observados neste estudo podem ser considerados excelentes, uma vez que o índice varia de zero a dez, sendo que quanto mais próximo de dez, maior o grau de tolerância ao calor. Esses resultados reforçam a elevada adaptabilidade dos caprinos mestiços de Boer às condições do semiárido, evidenciando que, mesmo sob estresse térmico, os animais mantêm sua capacidade de termorregulação e apresentam elevado potencial para sistemas de produção em ambientes tropicais.

Com relação à temperatura retal depois do estresse, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os grupos genéticos estudados, sendo que, os animais ¾Boer apresentaram a menor temperatura retal em relação aos ½Boer e SRD, que foram semelhantes entre si. O aumento na temperatura significa que o animal não está dissipando calor adequadamente, a tendência é acumular calor ocorrendo o estresse calórico. Para o índice de tolerância ao calor observa-se que

não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os grupos genéticos estudados. Resultados que corroboram com os encontrados por Silva et al. (2006a) e Santos et al. (2005) ao trabalharem com caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano em sistemas semi-intensivo e intensivo, respectivamente. Já entre as épocas, houve diferença ($P<0,05$), tendo o índice de tolerância ao calor alcançado a maior média 9,88, na época seca. Santos et al. (2005) trabalhando com caprinos Boer, consideraram o índice de tolerância ao calor = 9,56 representativo de muita alta tolerância ao calor. Tal resultado foi considerado ótimo uma vez que a variação do teste vai de zero a dez, sendo que quanto mais próximo a dez, maior o grau de tolerância ao calor.

Considerando-se que o estresse calórico foi elevado, conforme demonstra o índice temperatura do globo negro obtido nas duas épocas (Tabela 1), os grupos genéticos apresentaram alta capacidade de dissipação de calor, pois a temperatura retal apresentou-se dentro da normalidade (SANTOS et al., 2005). Dessa forma pode-se afirmar que os caprinos mestiços Boer nos graus de sangue ($3/4$ e $1/2$) com animais sem raça definida apresentam o mesmo grau de tolerância ao calor dos animais sem raça definida, criados no sistema extensivo no semiárido paraibano.

4 CONCLUSÃO

Os caprinos mestiços Boer, nos graus de sangue $3/4$ e $1/2$, quando comparados aos animais sem raça definida (SRD), apresentam o mesmo grau de tolerância ao calor em sistema extensivo no semiárido paraibano, evidenciando que a inclusão de genes da raça Boer não compromete a capacidade adaptativa desses animais às condições climáticas da região.

Esse resultado demonstra que os diferentes grupos genéticos avaliados mantêm a homeotermia mesmo sob condições de estresse térmico, indicando eficiência dos mecanismos fisiológicos de termorregulação. Assim, os caprinos mestiços Boer configuram-se como uma alternativa viável para sistemas de produção no semiárido, pois associam potencial produtivo com adequada adaptação ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradecem, ainda, à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), em especial à Estação Experimental de Pendência, pelo fornecimento dos animais e pela disponibilização da infraestrutura necessária à execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. S.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e à suplementação em pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 540–547, 2007.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997.
- BEZERRA, W. M. A.; SOUZA, B. B.; SOUSA, W. H.; CUNHA, M. G.; BENICIO, T. M. L. Comportamento fisiológico de diferentes grupos genéticos de ovinos criados no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 130–136, 2011.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. 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 semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 614–620, 2004.
- JESUS, I. B. et al. Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de cabritos $\frac{3}{4}$ Boer submetidos a dietas com níveis de óleo de licuri. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 1176–1186, 2010.
- LÔBO, R. N. B. et al. Brazilian goat breeding programs. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2, p. 149–154, 2010.
- MARTINS JÚNIOR, L. M. et al. Adaptabilidade de caprinos Boer e Anglo-Nubiana às condições climáticas do Meio-Norte do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 103–113, 2007a.
- MARTINS JÚNIOR, L. 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, p. 1–7, 2007b.
- MASCARENHAS, N. M. H. et al. Thermal gradient of local sheep and goats reared in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 18, n. 2, e3020, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v18i2a3020>.
- MEDEIROS, F. F. et al. Efeito do estresse por calor sobre a reprodução animal nos trópicos. **Revista COOPEX**, v. 14, n. 3, p. 2326–2335, 2023.

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, n. 3, p. 668–678, 2004.

OLIVEIRA, M. M. F. et al. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês sob diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 631–635, 2005.

ROCHA, R. R. C. et al. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1165–1172, 2009.

SANTOS, F. C. B. et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semiárido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 142–149, 2005.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system: user's guide: statistics**. Version 6.11. Washington, DC, 1999.

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

SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 142–148, 2010.

SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da adaptabilidade entre caprinos exóticos (Boer, Savana e Anglo-Nubiana) e nativos (Moxotó) no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 516–521, 2006a.

SILVA, G. A. et al. Efeito da época do ano e período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 903–909, 2006b.

SOUSA, W. H.; OJEDA, M. D. B.; FACÓ, O.; CARTAXO, F. Q. Genetic improvement of goats in Brazil: experiences, challenges and needs. **Small Ruminant Research**, v. 98, n. 1–3, p. 147–156, 2011.

SOUZA, B. B. et al. Efeito do clima e da dieta sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de cabras da raça Saanen em confinamento no Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 77–82, 2011.

SOUZA, B. B. et al. Respostas fisiológicas de caprinos de diferentes grupos genéticos no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 314–320, 2008.

SOUZA, B. B. *et al.* Respostas fisiológicas de caprinos terminados em pastagem nativa no semiárido paraibano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, n. 2, p. 37–43, 2013. DOI: <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v1n2p37-43>



**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 8

Impactos do aquecimento global sobre variáveis climatológicas, índice de conforto térmico e produção animal no estado da Paraíba

Impacts of global warming on climatological variables, thermal comfort index and animal production in the state of Paraíba, Brazil

Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Gustavo de Assis Silva¹; Antônio Néelson Lima da Costa²; José Valmir Feitosa²; João Vinícius Barbosa Roberto¹; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Fábio Santos do Nascimento¹; Rosangela Maria Nunes da Silva¹; Claudiney Felipe Almeida Inô¹; Ariádne de Barros Carvalho¹

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

² Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato, Ceará, Brasil.

* Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c08>

RESUMO

O aumento na concentração de gases poluentes, decorrente da queima de combustíveis fósseis, aliado às atividades pecuárias, tem sido apontado como uma das principais causas das mudanças climáticas globais associadas ao efeito estufa na atmosfera terrestre. Essas alterações podem

provocar impactos significativos sobre os sistemas naturais e, especialmente, sobre a produção animal em regiões tropicais. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas, o índice de conforto térmico e a produção animal no estado da Paraíba. Para tanto, foram utilizados dados meteorológicos provenientes de quatro estações distribuídas no estado, a partir dos quais foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU). As médias obtidas foram analisadas com base na comparação entre o período das normais climatológicas de 30 anos (1961–1990) e o período recente (2011–2015). Os resultados evidenciaram que todas as regiões do estado vêm apresentando alterações climáticas associadas ao efeito estufa, com elevação média do ITU nos últimos anos. Esses achados indicam a necessidade de adoção de estratégias adaptativas que assegurem a sobrevivência e a produtividade animal, evitando o aumento dos custos de produção no estado da Paraíba.

Palavras-chave: clima; temperatura ambiente; produtividade.

ABSTRACT

The increase in greenhouse gas concentrations resulting from the burning of fossil fuels, combined with livestock activities, has been identified as one of the main drivers of global climate change associated with the greenhouse effect in the Earth's atmosphere. These changes may significantly affect natural systems, particularly livestock production in tropical regions. In this context, the objective of this study was to evaluate the effects of global warming on climatological variables, the thermal comfort index, and animal production in the state of Paraíba, Brazil. Meteorological data from four stations distributed across the state were used to calculate the temperature-humidity index (THI). The obtained averages were analyzed by comparing the climatological normal period of 30 years (1961–1990) with a recent period (2011–2015). The results showed that all regions of the state are experiencing climate changes associated with the greenhouse effect, with an average increase in THI in recent years. These findings highlight the need for adaptive strategies to ensure animal survival and productivity, preventing increased production costs in the state of Paraíba.

Keywords: climate; ambient temperature; productivity.

INTRODUÇÃO

A intensificação das mudanças climáticas tem sido evidenciada pelo aumento na frequência e na magnitude de eventos extremos e catástrofes ambientais, com repercussões diretas sobre os sistemas naturais e produtivos. Nesse contexto, a elevação na concentração de gases poluentes, decorrente principalmente da queima de combustíveis fósseis e das atividades agropecuárias, é reconhecida como um dos principais vetores das mudanças climáticas globais associadas ao efeito estufa na atmosfera terrestre.

O aquecimento global configura-se como um fenômeno climático caracterizado pela elevação gradual da temperatura média do planeta, resultante da interação entre fatores naturais e antropogênicos. Entre os fatores naturais, destacam-se a variabilidade da atividade solar, a composição físico-química da atmosfera, o tectonismo e o vulcanismo. Por outro lado, os fatores antrópicos estão diretamente relacionados às emissões de gases de efeito estufa, especialmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), provenientes de atividades industriais, energéticas e agropecuárias (SILVA; PAULA, 2009).

De acordo com projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura média global poderá apresentar elevação significativa até o final do século XXI. No contexto brasileiro, estima-se um aumento entre 2 °C e 4 °C em relação ao período de referência (1961–1990) (MARENGO et al., 2009). Esse cenário implica maior frequência e intensidade de ondas de calor, bem como alterações nos regimes de precipitação, com eventos extremos mais intensos e períodos secos mais prolongados, especialmente em regiões semiáridas.

As mudanças climáticas globais exercem impactos diretos e indiretos sobre os sistemas naturais e socioeconômicos, tornando imprescindível a identificação de vulnerabilidades e o desenvolvimento de estratégias adaptativas (LUCENA, 2010). Nesse contexto, a produção animal assume papel de destaque, uma vez que, além de contribuir para as emissões de gases de efeito estufa, também é altamente sensível às alterações climáticas (HOFFMANN, 2010). Tais mudanças representam uma ameaça à sustentabilidade dos sistemas agropastoris, podendo comprometer a produtividade, o bem-estar animal e a viabilidade econômica da atividade (GAUGHAN et al., 2009).

Os elementos climáticos exercem influência direta e indireta sobre os sistemas de produção animal em regiões tropicais, afetando parâmetros fisiológicos, produtivos e reprodutivos dos animais. Variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento atuam de forma integrada, podendo comprometer o desempenho produtivo e o bem-estar animal quando se encontram fora da zona de conforto térmico (CARVALHO et al., 2023).

Segundo McManus et al. (2012), o aumento do estresse térmico, aliado à maior ocorrência de secas e eventos extremos, tende a provocar efeitos adversos na produção pecuária, exigindo a adoção de estratégias de manejo e a seleção de genótipos mais adaptados às condições ambientais. Nesse sentido, a adequação entre animal e ambiente torna-se um fator determinante para a manutenção da produtividade com sustentabilidade.

Dentre as variáveis climáticas que mais influenciam a fisiologia de animais homeotérmicos, destacam-se a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

A interação entre temperatura e umidade relativa do ar representa um dos principais fatores limitantes à produção animal em ambientes tropicais, uma vez que dificulta os mecanismos de dissipação de calor, especialmente por vias evaporativas. Nessas condições, os animais tendem a apresentar alterações fisiológicas que impactam negativamente sua eficiência produtiva (CARVALHO et al., 2023).

A interação entre essas variáveis interfere diretamente nos mecanismos de dissipação de calor, especialmente nas perdas evaporativas, comprometendo a termorregulação e, consequentemente, o desempenho produtivo dos animais.

No contexto da produção animal, as variações climáticas decorrentes do aquecimento global podem resultar na redistribuição geográfica das espécies, na substituição de raças e na necessidade de adequações estruturais nas instalações zootécnicas (GAUGHAN et al., 2008). No Brasil, especialmente na região semiárida, ainda são limitados os estudos que abordam de forma integrada os efeitos do aquecimento global sobre o conforto térmico e a produção animal, evidenciando a necessidade de investigações que subsidiem estratégias de adaptação e mitigação.

Diante desse cenário, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e o índice de conforto térmico no estado da Paraíba, contribuindo para a compreensão dos impactos climáticos sobre a produção animal em regiões semiáridas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no estado da Paraíba, com base em dados meteorológicos obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram consideradas informações provenientes de quatro estações meteorológicas distribuídas em diferentes regiões do estado, localizadas nos municípios de Campina Grande (Agreste), João Pessoa (Litoral), Monteiro (Cariri) e São Gonçalo (Alto Sertão).

As variáveis ambientais analisadas foram: temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica (PP), considerando dois períodos distintos: as normais climatológicas de 30 anos (1961–1990) e o período recente (2011–2015).

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi determinado com base na equação proposta por Thom (1959), conforme apresentado a seguir:

$$ITU = TA + 0,36T_{po} + 0,42$$

em que:

TA = temperatura do ar (°C);

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho (°C).

As médias das variáveis analisadas foram comparadas entre os dois períodos estudados, a fim de identificar possíveis alterações climáticas ao longo do tempo. A análise baseou-se na diferença entre os valores médios das normais climatológicas (1961–1990) e do período recente (2011–2015), permitindo a avaliação das mudanças ocorridas no estado da Paraíba em decorrência do aquecimento global associado à intensificação dos gases de efeito estufa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados apresentados na Tabela 1, observa-se aumento da temperatura do ar em todas as regiões do estado da Paraíba, evidenciado pela diferença entre as médias do período das normais climatológicas de 30 anos (1961–1990) e do período recente (2011–2015). O maior incremento térmico foi registrado no município de Monteiro, localizado na região do Cariri, enquanto o menor aumento foi observado no município de João Pessoa, na região litorânea.

Esses resultados estão em consonância com as projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que indicam aumento contínuo da temperatura média do ar ao longo do século XXI (MARENGO et al., 2009).

Adicionalmente, projeções do IPCC indicam que o clima brasileiro deverá sofrer impactos significativos decorrentes do aquecimento global até o final do século. Estima-se que as regiões Sul e Sudeste possam apresentar elevação de até 0,5% na temperatura média, enquanto as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte poderão registrar aumentos de até 1,5%. Ressalta-se que tais projeções são consideradas otimistas, uma vez que pressupõem a adoção de medidas de controle das emissões de gases de efeito estufa. Em cenários mais críticos, caracterizados pela ausência de mitigação, a elevação da temperatura poderá superar significativamente esses valores.

Como consequência do aquecimento global, observa-se o derretimento das geleiras, a elevação do nível dos oceanos, a expansão térmica da água, o aumento da quantidade de nuvens e de vapor d'água na atmosfera e, conseqüentemente, da precipitação pluviométrica, o que promove alterações nas características ambientais de diferentes regiões do planeta (XAVIER; KERR, 2004).

Segundo Marengo et al. (2009), mesmo um pequeno aumento da temperatura poderá expor a região semiárida do Nordeste brasileiro a riscos significativos, com repercussões sociais relevantes. A redução do tempo de retenção de umidade no solo, associada ao aumento da frequência e intensidade das secas e à ocorrência de eventos de precipitação mais concentrados e intensos, tende a diminuir a disponibilidade hídrica, favorecendo processos de desertificação ou sua intensificação, o que compromete ainda mais a agricultura em áreas áridas dessa região (MARENGO et al., 2009).

A umidade relativa do ar apresentou maior redução média na região litorânea (João Pessoa) e aumento no Alto Sertão (São Gonçalo). Os efeitos da umidade sobre o clima refletem-se tanto na temperatura quanto no regime de chuvas. Devido ao elevado calor específico da água, ambientes mais úmidos tendem a apresentar menor amplitude térmica, uma vez que a retenção de calor ocorre por períodos mais prolongados. Além disso, em regiões com maior umidade, o regime de precipitação tende a ser mais intenso, em função da maior frequência de saturação do ar e consequente condensação.

Altas temperaturas associadas à elevada umidade relativa do ar constituem fatores determinantes na redução da produtividade animal. A atuação conjunta dessas variáveis dificulta a dissipação de calor pelos mecanismos evaporativos, como respiração e transpiração, podendo se

tornar um fator limitante para a produção animal, dependendo da espécie (SOUZA et al., 2010). Em condições ambientais adversas, os animais acionam mecanismos fisiológicos de termorregulação para manutenção da temperatura corporal, direcionando energia que seria destinada à produção para processos de manutenção, o que compromete o desempenho produtivo (TOSETTO et al., 2014).

TABELA 1 - Variáveis climáticas, temperatura ambiente TA (°C) e umidade relativa do ar (UR%) do estado da Paraíba no período de 30 anos das normais meteorológicas (1961-1990) e dos anos de (2011-2015).

Regiões	Variáveis climáticas					
	TA (°C)			UR (%)		
	Períodos			Períodos		
			Variação			Variação
	1961-1990	2011-2015	TA (°C)	1961-1990	2011-2015	da UR (%)
Agreste	22,40	24,34	1,94	74,70	76,57	1,84
Litoral	26,10	27,66	1,56	80,80	74,5	- 6,3
Cariri	23,69	26,00	2,31	62,70	60,74	- 1,96
Alto Sertão	26,50	28,65	2,15	59,80	63,28	3,48

De acordo com Baêta e Souza (2010), a umidade relativa ideal para a criação de animais domésticos varia entre 50% e 70%. Valores inferiores, especialmente nos horários mais quentes do dia, estão associados ao aumento da temperatura do ar. Quando a produção de calor metabólico excede a capacidade de dissipação para o ambiente, os animais entram em estresse térmico, acionando mecanismos fisiológicos para manutenção da homeotermia (VIANA et al., 2013). Como consequência, observa-se redução acentuada na produtividade e aumento dos prejuízos econômicos (COSTA et al., 2015).

Em relação à precipitação pluviométrica (Tabela 2), verificou-se redução na quantidade de chuvas em três regiões do estado no período recente (2011–2015), em comparação com as normais climatológicas (1961–1990), especialmente nos municípios de João Pessoa, Monteiro e São Gonçalo, representando, respectivamente, as regiões do litoral, Cariri e Alto Sertão. Na região

Nordeste do Brasil, a variabilidade na distribuição e na quantidade de chuvas constitui uma característica marcante, sobretudo no semiárido, onde a precipitação é o principal fator regulador das atividades agropecuárias. O aquecimento global pode intensificar esse cenário, promovendo aumento da concentração de vapor d'água na atmosfera, o que pode resultar em eventos de chuvas intensas e concentradas, intercalados com períodos de estiagem mais prolongados.

Nos sistemas de produção pecuária, a produtividade animal é diretamente influenciada pelas condições ambientais às quais os animais estão expostos. Em função disso, diversos índices e modelos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre o conforto térmico e o desempenho produtivo (MADER et al., 2010).

TABELA 2 - Médias da precipitação pluviométrica (p) e do índice de temperatura e umidade (ITU) e a diferença entre essas variáveis com relação ao período das normais (1961-1990) e o período de (2011-2015) no estado da Paraíba.

Regiões	Variáveis climáticas					
	Precipitação (mm)			ITU		
	Períodos		Variação da precipitação	Períodos		Variação do ITU
	1961-1990	2011-2015		1961-1990	2011-2015	
Agreste	875,4	893,47	19	70,58	73,00	2,42
Litoral	2145,4	1941,35	-204	75,18	77,94	2,76
Cariri	712,5	555,6	-157	71,95	74,21	2,26
Alto Sertão	995,5	860,97	-134	77,84	77,84	3,52

O bem-estar animal pode ser avaliado por meio de diferentes índices de conforto térmico, destacando-se o índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959), amplamente utilizado em estudos de ambiência animal (ROSELER et al., 1997). Esse índice integra os efeitos da temperatura do ar e da umidade relativa em um único valor, permitindo avaliar de forma mais precisa as condições ambientais às quais os animais estão submetidos.

Inicialmente desenvolvido para avaliar o conforto térmico humano, o ITU foi posteriormente adaptado para aplicação em sistemas de produção animal, especialmente em bovinos leiteiros.

Observou-se, neste estudo, aumento superior a 2 pontos no ITU em todas as regiões analisadas, sendo o maior valor registrado no município de São Gonçalo (3,52), localizado no Alto Sertão. Esses resultados indicam que as condições de conforto térmico estão se tornando cada vez mais limitantes para a produção animal no estado da Paraíba, implicando a necessidade de adoção de estratégias de manejo e adequações nas instalações, a fim de minimizar os impactos do estresse térmico e manter a eficiência produtiva.

De acordo com Rosenberg et al. (1983), valores de índice de temperatura e umidade (ITU) entre 75 e 78 caracterizam uma condição de alerta para os produtores, indicando a necessidade de adoção de medidas preventivas a fim de evitar perdas produtivas. Essa condição foi observada no presente estudo para os municípios de João Pessoa (77,94) e São Gonçalo (77,84), representando, respectivamente, as regiões do litoral e do Alto Sertão paraibano. Ainda segundo os autores, valores de ITU entre 79 e 83 configuram situação de perigo, especialmente para animais mantidos em confinamento, enquanto índices iguais ou superiores a 84 indicam condição de emergência, exigindo a adoção imediata de estratégias de mitigação para evitar perdas significativas e comprometimento do bem-estar animal. Nesse contexto, a elevação do ITU observada reforça a crescente limitação imposta pelas condições climáticas à produção animal, especialmente em regiões de clima semiárido.

Na região Nordeste do Brasil, a variabilidade na distribuição e na quantidade de chuvas constitui uma característica marcante, sobretudo no semiárido, onde a ocorrência frequente de secas e estiagens prolongadas representa um dos principais desafios para as atividades agropecuárias. Nesse contexto, a precipitação pluviométrica assume papel determinante na regulação da produção animal, influenciando diretamente a disponibilidade de água e de recursos forrageiros. O aquecimento global tende a intensificar esse cenário, promovendo alterações no regime hídrico, com aumento da irregularidade das chuvas, ocorrência de eventos pluviométricos concentrados e prolongamento dos períodos de seca. Essas condições agravam a vulnerabilidade dos sistemas produtivos, comprometendo a sustentabilidade da produção animal e exigindo a adoção de estratégias adaptativas mais eficientes no semiárido nordestino.

Nos sistemas de produção pecuária, a produtividade animal é diretamente influenciada pelas condições ambientais às quais os animais estão expostos. Em função disso, diversos índices e modelos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre o conforto térmico e o desempenho produtivo (MADER et al., 2010). Esses instrumentos permitem

uma análise integrada das variáveis climáticas, subsidiando a tomada de decisão quanto à adoção de estratégias de manejo, ambiência e seleção genética. Dessa forma, o uso de índices bioclimáticos torna-se essencial para a otimização dos sistemas de produção, especialmente em regiões sujeitas a estresse térmico, como o semiárido brasileiro.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que todas as regiões do estado da Paraíba apresentam alterações consistentes nas variáveis climáticas, associadas ao aquecimento global, destacando-se o aumento da temperatura do ar, mudanças na umidade relativa e redução na precipitação pluviométrica em áreas específicas.

A elevação do índice de temperatura e umidade (ITU) no período recente indica a intensificação das condições de desconforto térmico, configurando-se como um fator limitante para a produção animal, especialmente em regiões semiáridas. Esse cenário compromete o desempenho produtivo dos animais, uma vez que há maior demanda energética para manutenção da homeotermia, resultando em menor eficiência produtiva e aumento dos custos de produção.

Diante desse contexto, torna-se fundamental a adoção de estratégias adaptativas nos sistemas de produção animal, incluindo a utilização de genótipos mais adaptados às condições climáticas, melhorias nas condições de ambiência e ajustes no manejo produtivo, com o objetivo de mitigar os efeitos do estresse térmico.

Assim, os achados deste estudo reforçam a necessidade de planejamento de sistemas produtivos mais resilientes, contribuindo para a sustentabilidade da produção animal no semiárido brasileiro frente às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET, pela disponibilização de dados meteorológicos por meio do banco de dados destinado ao ensino e à pesquisa, provenientes das estações meteorológicas distribuídas pelo estado da Paraíba.

Ao CNPq e à CAPES, pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil.

REFERÊNCIAS

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Editora da UFV, 1997.
- CARVALHO, A. B. et al. Influência dos elementos climáticos na produção animal nos trópicos. **Revista COOPEX**, v. 14, p. 1886-1912, 2023.
- CARVALHO, A. B. et al. Variação nas condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba no período de 2009 a 2018. In: SOUZA, B. B. (Org.). **Bioclimatologia e bem-estar animal no semiárido brasileiro: coletânea científica – artigos completos**. 2025. DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v2.2025.c05>.
- COSTA, D. F. et al. Influência do estresse calórico na fisiologia hormonal de bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 2, p. 33-38, 2015.
- GAUGHAN, J. et al. Response of domestic animals to climate challenges. In: **Biometeorology for adaptation to climate variability and change**. Dordrecht: Springer, 2009. p. 131-170.
- GAUGHAN, J. B. et al. New heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 226-234, 2008.
- HOFFMANN, I. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. **Animal Genetics**, v. 41, p. 32-36, 2010.
- LUCENA, A. F. P. **Proposta metodológica para avaliação da vulnerabilidade às mudanças climáticas globais no setor hidroelétrico**. 2010. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- MADER, T. L. et al. Comprehensive index for assessing environmental stress in livestock. **International Journal of Biometeorology**, 2010.
- MARENGO, J. A. R. et al. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 2241-2255, 2009.
- McMANUS, C. et al. Pecuária e mudanças climáticas. **Revista UFG**, v. 13, p. 73-82, 2012.
- ROSELER, D. K. et al. Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 878-893, 1997.
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. New York: Wiley-Interscience, 1983.
- SILVA, R. W. C.; PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, v. 5, p. 42-49, 2009.

SOUZA, B. B. et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e mestiços $\frac{1}{2}$ Saanen + $\frac{1}{2}$ Boer no semiárido paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 2, p. 47-51, 2010.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, p. 57-60, 1959.

TOSETTO, M. R. et al. Influência do macroclima e do microclima sobre o conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, p. 6-10, 2014.

VIANA, M. P. et al. Efeito do estresse térmico sobre a fisiologia, produção e reprodução de caprinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 4, p. 1-8, 2013.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 3, p. 325-349, 2004.



**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 9

Conforto térmico de vacas leiteiras em microrregiões da Paraíba: uma análise baseada no índice de temperatura e umidade

Thermal comfort of dairy cattle in microregions of Paraíba, Brazil: an analysis based on the temperature-humidity index

Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Gustavo de Assis Silva¹; João Vinícius Barbosa Roberto¹; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Maycon Rodrigues da Silva¹; Dermeval Araújo Furtado¹; Antônio Nelson Lima da Costa²; José Valmir Feitosa²; Rosangela Maria Nunes da Silva¹; Claudiney Felipe Almeida Inô¹; Danilo Leite Fernandes³

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

² Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato, Ceará, Brasil.

³ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Crato, Ceará, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c09>

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o conforto térmico de vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, com base no índice de temperatura e umidade (ITU), visando identificar as áreas com melhores condições ambientais para a produção leiteira. Foram utilizados

dados meteorológicos provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes a seis estações distribuídas em distintas microrregiões do estado, no período de 2011 a 2014. As variáveis analisadas incluíram temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e ITU, avaliadas nos horários de 9h, 15h e 21h. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se efeito significativo das microrregiões sobre todas as variáveis ambientais ($P < 0,05$), bem como interação entre região e horário do dia para temperatura de bulbo seco e ITU. As microrregiões do Brejo e Agreste apresentaram os menores valores de ITU, indicando melhores condições de conforto térmico e bem-estar para vacas leiteiras. Em contrapartida, as elevadas temperaturas registradas no período da tarde em todas as regiões evidenciam a necessidade de adoção de estratégias de manejo para mitigação do estresse térmico. Conclui-se que, embora existam diferenças regionais, o manejo adequado é essencial para garantir a produtividade dos sistemas leiteiros no estado da Paraíba.

Palavras-chave: bioclimatologia animal; estresse térmico; ITU; bovinocultura leiteira; semiárido.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the thermal comfort of dairy cattle in different microregions of the state of Paraíba, Brazil, based on the temperature-humidity index (THI), in order to identify areas with more favorable environmental conditions for dairy production. Meteorological data were obtained from the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP) of the National Institute of Meteorology (INMET), corresponding to six stations distributed across distinct microregions of the state, from 2011 to 2014. The analyzed variables included dry bulb temperature, relative humidity, and THI, evaluated at 9:00, 15:00, and 21:00 hours. Data were subjected to analysis of variance and mean comparison using Tukey's test at 5% probability. A significant effect of microregions was observed for all environmental variables ($P < 0.05$), as well as an interaction between region and time of day for dry bulb temperature and THI. The Brejo and Agreste microregions presented the lowest THI values, indicating more favorable conditions for thermal comfort and welfare of dairy cattle. However, the high temperatures observed in the afternoon across all regions highlight the need for management

strategies to mitigate heat stress. It is concluded that, despite regional differences, proper management is essential to ensure productivity in dairy systems in the state of Paraíba.

Keywords: animal bioclimatology; heat stress; THI; dairy cattle; semiarid

INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais, a produção animal tem enfrentado desafios significativos relacionados à influência do ambiente térmico sobre o desempenho produtivo dos animais. Nesse contexto, as elevadas temperaturas associadas à umidade relativa do ar e à radiação solar intensa exercem impacto direto sobre os mecanismos fisiológicos de termorregulação, comprometendo o equilíbrio térmico e, conseqüentemente, a eficiência produtiva. Raças bovinas leiteiras de origem europeia, embora apresentem elevado potencial genético para produção de leite, são particularmente sensíveis ao estresse térmico, resultando em redução do consumo alimentar, alterações comportamentais e diminuição da produção (SILVA et al., 2002).

No estado da Paraíba, a bovinocultura leiteira destaca-se como uma atividade de grande relevância social e econômica, especialmente para a agricultura familiar e para os sistemas produtivos de base regional. Entretanto, o sucesso dessa atividade está diretamente condicionado à interação entre fatores genéticos, nutricionais, sanitários e, sobretudo, ambientais. Dentre esses, o conforto térmico assume papel central, uma vez que a manutenção de condições ambientais adequadas é determinante para a expressão do potencial produtivo dos animais (SILVA et al., 2010).

A Paraíba, localizada no extremo leste da região Nordeste do Brasil, ocupa uma área de 56.584,6 km² e apresenta significativa variabilidade climática, decorrente de suas diferentes microrregiões geográficas (SENA et al., 2014). Essa diversidade inclui desde áreas de clima tropical úmido nas regiões litorâneas até condições semiáridas no interior do estado, caracterizadas por altas temperaturas, baixa pluviosidade e elevada variabilidade climática. Essa heterogeneidade ambiental influencia diretamente as condições de criação e o desempenho produtivo dos rebanhos leiteiros.

A associação entre temperaturas elevadas, alta umidade relativa do ar e radiação solar intensa pode desencadear uma série de respostas fisiológicas e comportamentais nos animais, como aumento da frequência respiratória, elevação da temperatura corporal, redução da ingestão de

alimentos e alterações no metabolismo energético. Tais respostas resultam, de maneira geral, em redução da produção de leite e em prejuízos econômicos para os produtores (SILVA et al., 2006). Além disso, o estresse térmico pode comprometer aspectos reprodutivos e imunológicos, agravando ainda mais os impactos sobre os sistemas produtivos.

Diante desse cenário, o conhecimento detalhado das variáveis climáticas e das exigências ambientais dos animais em diferentes regiões torna-se fundamental para o planejamento de estratégias de manejo mais eficientes. A identificação de áreas com melhores condições de conforto térmico possibilita a adoção de práticas mais adequadas, reduzindo custos de produção e otimizando o desempenho produtivo, uma vez que o rendimento animal resulta da interação direta entre o genótipo e o ambiente (NEIVA et al., 2004).

Nesse contexto, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) destaca-se como uma importante ferramenta para a avaliação do conforto térmico em bovinos leiteiros, por integrar variáveis ambientais relevantes e permitir a classificação das condições de estresse térmico. A utilização desse índice possibilita não apenas a caracterização das condições ambientais, mas também a definição de estratégias de manejo voltadas à mitigação dos efeitos adversos do clima.

Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar o conforto térmico de vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, com base no índice de temperatura e umidade, visando identificar as regiões que apresentam melhores condições ambientais para a bovinocultura leiteira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no estado da Paraíba, utilizando dados provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtidos a partir de seis estações meteorológicas distribuídas em diferentes municípios e microrregiões do estado. As localidades analisadas foram: João Pessoa, com clima Tropical Úmido (Am), latitude 07°07' S e longitude 34°53' W; Areia, com clima Tropical Semiúmido (As), latitude 06°58' S e longitude 35°42' W; Campina Grande, com clima Semiárido quente (BSh), latitude 07°12' S e longitude 35°51' W; Monteiro, com clima Tropical Seco (Aw), latitude 07°32' S e longitude 37°07' W; Patos, com clima Semiárido quente e seco (BSh), latitude 07°12' S e longitude

37°17' W; e São Gonçalo, com clima Semiárido quente (BSh), latitude 06°50' S e longitude 38°19' W, conforme a classificação climática de Köppen.

Foram utilizadas as médias das séries históricas das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU), referentes ao período de 2011 a 2014, considerando as seis microrregiões do estado da Paraíba.

As variáveis ambientais foram analisadas em três horários ao longo do dia, às 9h, 15h e 21h, permitindo a avaliação da variação térmica diária. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado a partir da equação proposta por Thom (1958):

$$ITU = t_a + (0,36 \times t_{po}) + 41,5$$
, em que: t_a = temperatura do ar (°C); t_{po} = temperatura do ponto de orvalho (°C).

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando o Programa de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.1. Inicialmente, procedeu-se à análise de variância (ANOVA), considerando os efeitos das microrregiões e dos horários de avaliação. Quando observadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidenciou efeito significativo de microrregião ($P < 0,05$) sobre as variáveis ambientais temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU), conforme apresentado na Tabela 1.

Observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre as microrregiões para as variáveis TBS, TBU e UR, indicando a influência das condições climáticas regionais sobre o ambiente térmico. A maior média de TBS foi registrada na microrregião do Sertão (29,20 °C), enquanto a menor foi observada no Brejo (23,23 °C). Essa variação pode ser atribuída, principalmente, às diferenças de altitude entre essas microrregiões, uma vez que o Brejo paraibano apresenta altitudes mais elevadas, variando entre 300 e 600 m, o que favorece a ocorrência de temperaturas mais amenas (SOUZA et al., 2011).

De modo geral, em todas as microrregiões avaliadas, as médias de TBS foram superiores aos valores considerados ideais para máxima eficiência produtiva e reprodutiva de vacas leiteiras,

os quais, segundo Pires et al. (1999), situam-se entre 10 e 20 °C. Da mesma forma, os valores observados também excederam a faixa de conforto térmico proposta por Baêta e Souza (1997) para bovinos europeus adultos, compreendida entre -1 e 16 °C, evidenciando condições ambientais potencialmente estressantes para esses animais.

Para bovinos leiteiros de origem zebuína, reconhecidos por sua maior tolerância ao calor, verificou-se que as microrregiões do Sertão, Alto Sertão e Litoral apresentaram médias de TBS superiores à faixa de conforto térmico estabelecida para esses animais, a qual varia de 10 a 27 °C (BAÊTA; SOUZA, 1997). Esses resultados indicam que, mesmo para genótipos mais adaptados às condições tropicais, as condições ambientais observadas podem impor desafios ao equilíbrio térmico e, conseqüentemente, ao desempenho produtivo.

TABELA 1 - Médias das variáveis ambientais e do índice de temperatura e umidade, resultante das medições diárias no período de 2011 a 2014, nas microrregiões do estado da Paraíba.

Microrregiões	TBS (°C)	UR (%)	ITU
Sertão	29,20 ^a	56,63 ^f	77,91 ^a
Cariri	26,12 ^d	60,74 ^e	74,21 ^b
Agreste	24,34 ^e	76,54 ^b	73,27 ^c
Brejo	23,23 ^f	80,98 ^a	72,20 ^d
Litoral	27,66 ^c	74,56 ^c	77,94 ^a
Alto Sertão	28,64 ^b	63,29 ^d	77,84 ^a
CV (%)	11,27	20,72	3,64

Letras minúsculas diferentes na coluna são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

De acordo com Perissinotto e Moura (2007), temperaturas entre 24 e 26 °C são consideradas adequadas para o conforto térmico de vacas em lactação, uma vez que, nessas condições, os animais se encontram dentro da zona de conforto térmico, maximizando o desempenho produtivo e, conseqüentemente, a produção de leite.

Com relação à umidade relativa do ar (UR), a maior média foi observada na microrregião do Brejo (80,98%) e a menor no Sertão do estado (56,63%). A UR na microrregião do Brejo sofre influência direta dos ventos úmidos provenientes do sudeste, que interferem nas condições climáticas locais, promovendo maior disponibilidade de umidade, além de apresentar maior frequência de precipitações em comparação ao Sertão (SOUZA et al., 2011).

Segundo Baêta e Souza (2010), a umidade relativa ideal para a criação de animais domésticos varia entre 50 e 70%. Valores mais baixos de UR, especialmente nos horários mais quentes do dia, estão associados ao aumento da temperatura do ar (LEITE et al., 2012). Uma

umidade relativa de até 70% pode ser considerada confortável para vacas em lactação, enquanto valores entre 75 e 78% são classificados como estressantes e, acima de 78%, extremamente desconfortáveis (KADZERE et al., 2002).

Em condições de elevada umidade relativa, como observado nas microrregiões do Brejo, Agreste e Litoral, o estresse térmico pode ser intensificado devido à redução da eficiência dos mecanismos de dissipação de calor, especialmente pela evaporação respiratória, que é diretamente influenciada pela umidade do ar (SOUZA et al., 2010).

Para o índice de temperatura e umidade (ITU), não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre as microrregiões do Sertão, Litoral e Alto Sertão, com valores médios de 77,91; 77,94 e 77,84, respectivamente. Entretanto, observou-se diferença significativa ($P<0,05$) entre as demais regiões do estado. O ITU é amplamente utilizado para estimar e avaliar o efeito do ambiente sobre o conforto térmico dos bovinos, pois considera, de forma integrada, a temperatura do ar, a umidade relativa e a temperatura do ponto de orvalho, sendo, portanto, um importante indicador de estresse térmico (AZEVEDO et al., 2005).

Segundo Brown-Brandl et al. (2005), as condições ambientais para a produção leiteira podem ser classificadas em quatro categorias com base no ITU: valores inferiores a 74 indicam condições adequadas; valores entre 74 e 78 indicam condições aceitáveis, podendo ocorrer redução na produtividade; valores entre 78 e 84 estão associados a condições de estresse moderado, com possibilidade de redução significativa da produção; e valores superiores a 84 caracterizam estresse severo, exigindo a adoção de medidas de manejo para evitar perdas produtivas e mortalidade dos animais.

De acordo com os valores médios observados, as microrregiões do Brejo e do Cariri apresentaram as condições climáticas mais favoráveis para a criação de vacas leiteiras, com ITU de 73,27 e 72,20, respectivamente.

Apesar dessas microrregiões apresentarem condições mais favoráveis, isso não significa que os animais estejam isentos de estresse térmico, uma vez que o nível de estresse depende também do sistema de criação e do grau de exposição dos animais ao ambiente. Aguiar e Targa (2001), ao avaliarem vacas holandesas expostas ao sol, observaram que, sob temperatura de 27 °C e ITU de 72, durante quatro horas diárias, por cinco dias consecutivos, houve redução na produção de leite. Esse efeito foi atribuído à exposição à radiação solar direta, que intensificou o estresse

térmico. Quando os animais foram mantidos à sombra, houve recuperação da produção, evidenciando a importância do manejo ambiental.

A temperatura de bulbo seco diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre as regiões e os horários de avaliação (Tabela 2). Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre microrregião e horário do dia para TBS, sendo as maiores médias observadas nas microrregiões do Litoral, Sertão e Alto Sertão no período da manhã, e, no período da tarde, nas microrregiões do Sertão, Alto Sertão e Cariri.

TABELA 2 - Médias da temperatura de bulbo seco (TBS) em três horários do dia, em diferentes microrregiões do estado da Paraíba no período de 2011 a 2014.

Microrregiões	TBS (°C)		
	9:00 h	15:00 h	21:00 h
Sertão	27,45 ^{Bb}	33,25 ^{Aa}	27,49 ^{Ba}
Cariri	24,44 ^{Bd}	30,20 ^{Ac}	24,18 ^{Cd}
Agreste	23,65 ^{Be}	27,46 ^{Ae}	21,96 ^{Ce}
Brejo	22,82 ^{Bf}	25,82 ^{Af}	21,08 ^{Cf}
Litoral	28,00 ^{Ba}	28,86 ^{Ad}	26,31 ^{Cb}
Alto sertão	26,99 ^{Bc}	33,00 ^{Ab}	25,96 ^{Cc}

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferentes diferem pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Segundo Leitão et al. (2013), o aumento da temperatura de bulbo seco (TBS) ao longo do dia ocorre em decorrência da elevada intensidade da radiação solar, uma vez que, por se localizar na faixa intertropical, a região semiárida recebe maior carga térmica radiante, o que promove a elevação da temperatura ambiental, especialmente no turno da tarde.

Os resultados obtidos corroboram os achados de Carvalho et al. (2023), que verificaram maiores valores de temperatura de bulbo seco no horário das 15 h nas regiões do Sertão e Alto Sertão, evidenciando a influência da radiação solar sobre o aumento da temperatura no período da tarde (CARVALHO et al., 2023).

Outro fato observado neste estudo foi que, mesmo às 21 h, as médias das temperaturas ambientais ainda se apresentavam elevadas para vacas leiteiras, com valores superiores a 21 °C em todas as microrregiões do estado. Segundo Azevedo e Alves (2009), a maior influência do estresse térmico sobre a produção de leite está relacionada à redução do consumo de alimentos e, consequentemente, da ingestão de energia metabolizável. As temperaturas médias e máximas diárias exercem efeitos variáveis sobre a ingestão alimentar e, subsequentemente, sobre a produção

de leite, dependendo da umidade relativa do ar e do tempo de exposição das vacas a condições térmicas capazes de provocar estresse.

As médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nas diferentes microrregiões e horários do dia encontram-se na Tabela 3. Observou-se efeito e interação significativa ($P < 0,05$) entre microrregião e horário do dia para o ITU, sendo as maiores médias registradas às 15 h em todas as microrregiões, provavelmente em função das temperaturas mais elevadas no turno da tarde. Resultados semelhantes foram observados por Carvalho et al. (2023), que identificaram aumento significativo do ITU no período da tarde em todas as regiões avaliadas, caracterizando condições mais críticas de estresse térmico nesse horário (CARVALHO et al., 2023).

Os valores de ITU considerados indicativos de conforto térmico ou estresse variam entre autores; no entanto, há consenso de que ambientes com ITU acima de 72 são classificados como estressantes para vacas de alta produção (MARTELLO et al., 2004). De acordo com Carvalho et al. (2023), as regiões do Sertão e Alto Sertão apresentaram valores médios de ITU classificados como situação de alerta para bovinos leiteiros, reforçando a necessidade de adoção de estratégias de manejo para minimizar os efeitos do estresse térmico nessas regiões (CARVALHO et al., 2023).

TABELA 3 - Médias do índice de temperatura e umidade (ITU) em três horários do dia, em diferentes microrregiões do estado da Paraíba no período de 2011 a 2014.

Microrregiões	ITU		
	9:00 h	15:00 h	21:00 h
Alto sertão	76,28 ^{Bb}	81,72 ^{Aa}	75,61 ^{Cc}
Sertão	76,69 ^{Bb}	81,49 ^{Ab}	76,41 ^{Bb}
Cariri	72,69 ^{Bc}	77,75 ^{Ad}	72,56 ^{Bd}
Agreste	72,76 ^{Bc}	76,15 ^{Ae}	71,28 ^{Ce}
Brejo	71,93 ^{Bd}	74,42 ^{Af}	70,23 ^{Cf}
Litoral	78,34 ^{Ba}	78,85 ^{Ac}	76,62 ^{Ca}

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferentes diferem pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Segundo Neiva et al. (2004), valores de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) entre 74 e 81 caracterizam uma situação de zona de alerta. Dessa forma, no horário das 15 h, todas as microrregiões do estado apresentaram condição de alerta em relação ao conforto térmico para a criação de vacas leiteiras.

De acordo com Rosenberg et al. (1983), um ITU entre 75 e 78 indica situação de alerta, na qual os produtores devem adotar medidas preventivas para evitar perdas produtivas. Valores de ITU entre 79 e 83 representam condição de perigo, especialmente para rebanhos confinados, sendo

necessárias medidas de segurança para minimizar os impactos do estresse térmico. Por sua vez, valores de ITU maiores ou iguais a

84 caracterizam situação de emergência, exigindo a adoção imediata de medidas corretivas para evitar perdas severas nos sistemas de produção (ROSENBERG et al., 1983).

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que as condições ambientais das microrregiões do estado da Paraíba exercem influência significativa sobre o conforto térmico de vacas leiteiras, evidenciando a forte interação entre fatores climáticos e o desempenho produtivo dos animais.

As microrregiões do Brejo e do Agreste destacam-se por apresentarem condições mais favoráveis ao conforto térmico, caracterizadas por menores valores de temperatura de bulbo seco e índice de temperatura e umidade, configurando ambientes mais adequados para a exploração leiteira. Em contrapartida, as regiões do Sertão, Alto Sertão e Litoral apresentaram valores mais elevados dessas variáveis, indicando maior susceptibilidade ao estresse térmico.

Independentemente da microrregião, o período da tarde constitui o momento de maior desafio térmico para os animais, com elevação significativa da temperatura e do ITU, frequentemente enquadrando-se em condições de alerta ou perigo, o que pode comprometer o desempenho produtivo e o bem-estar animal.

Dessa forma, torna-se indispensável a adoção de estratégias de manejo ambiental, como sombreamento, ventilação, manejo alimentar adequado e ajustes nos horários de manejo, visando minimizar os efeitos do estresse térmico e garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção leiteira no estado.

Por fim, ressalta-se que, embora existam regiões naturalmente mais favoráveis, o sucesso da atividade leiteira depende não apenas das condições climáticas, mas também da eficiência das práticas de manejo adotadas, evidenciando que a adaptação dos sistemas produtivos é fundamental para a maximização da produtividade em ambientes tropicais e semiáridos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela disponibilização dos dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), utilizados neste estudo.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio por meio de bolsas de pesquisa e de formação de recursos humanos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. S.; TARGA, L. A. Respostas termorreguladoras, armazenamento de calor corporal e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso à sombra natural. **Revista Energia na Agricultura**, v. 14, p. 9-17, 2001.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

AZEVEDO, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2000-2008, 2005.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle. Part 1: Analyses of indicators. **Biosystems Engineering**, v. 90, p. 451–462, 2005.

CARVALHO, A. B. et al. Variação nas condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba no período de 2009 a 2018. **Revista COOPEX**, v. 14, ed. esp. II, n. 3, p. 1998-2010, 2023.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, p. 59-91, 2002.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, G. **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. p. 1-44.

LEITÃO, M. M. V. B. R. 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.

LEITE, J. R. S. et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 443-448, 2012.

MARTELLO, L. S. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 181-191, 2004.

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.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, p. 117-126, 2007.

PIRES, M. F. A.; FERREIRA, A. M.; COELHO, S. G. Estresse calórico em bovinos de leite. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, v. 1, p. 23-37, 1999.

ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L.; VERNIS, S. B. Human and animal biometeorology. In: **Microclimate: the biological environment**. New York: Wiley-Interscience, 1983.

SENA, J. P. O. et al. Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 871-879, 2014.

SILVA, E. M. N.; SILVA, G. A.; SOUZA, B. B. **Influência de fatores ambientais sobre a resposta fisiológica e a produção de leite**. 2010. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/FatoresAmbientais/index.htm. Acesso em: 10 maio 2014.

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

SILVA, I. J. O. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2036-2042, 2002.

SOUZA, F. A. Z. et al. Tendências e prognósticos de chuvas em microrregiões do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 252-263, 2011.

SOUZA, B. B. et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, p. 59-66, 2010.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, p. 57-59, 1958.



**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 10

**Utilização do coproduto da *Moringa oleifera* na alimentação de ruminantes na
mitigação de gases de efeito estufa**

Use of *moringa oleifera* co-products in ruminant feeding for greenhouse gas mitigation

**Fabíola Franklin de Medeiros¹; Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Nágela Maria Henrique
Mascarenhas¹; Maycon Rodrigues da Silva¹; Talícia Maria Alves Benício²; Luanna
Figueirêdo Batista¹; Danilo Leite Fernandes³; Expedito Danúsio de Souza³; João Vinícius
Barbosa Roberto¹; José Antônio Pires da Costa Silva¹**

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

² Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Augustinópolis, Tocantins, Brasil

³ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Ceará, Brasil

* Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c10>

RESUMO

A utilização de alimentos alternativos na pecuária constitui estratégia relevante para a adaptação dos sistemas de produção às condições regionais e às limitações econômicas dos produtores, sendo

esses fatores determinantes para a produção de alimentos em escala global. Nesse contexto, a *Moringa oleifera*, espécie arbórea perene de origem indiana pertencente à família Moringaceae, destaca-se por sua ampla adaptação às condições climáticas e edáficas, além de apresentar disponibilidade durante todo o período de estiagem. No que se refere à nutrição de ruminantes, suas folhas e talos finos constituem fonte de proteína e fibra de elevada qualidade, contribuindo para a produção de energia no rúmen. Adicionalmente, a moringa apresenta elevada taxa de degradação ruminal, caracterizando-se como alimento de alto valor nutricional para bovinos, podendo ser fornecida nas formas fresca, fenada ou ensilada. Diante disso, objetivou-se avaliar, por meio de revisão bibliográfica em periódicos científicos, se o coproduto da *Moringa oleifera* na dieta de ruminantes promove redução na produção entérica de gases de efeito estufa. Os estudos analisados indicam que a inclusão desse coproduto na alimentação de ruminantes contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, evidenciando seu potencial como alternativa sustentável na produção animal.

Palavras-chave: ruminantes; biodiesel; moringa; gases de efeito estufa.

ABSTRACT

The use of alternative feeds in livestock production represents an important strategy to adapt production systems to regional conditions and economic constraints of producers, which are key limiting factors for global food production. In this context, *Moringa oleifera*, a perennial tree species of Indian origin belonging to the Moringaceae family, stands out due to its wide adaptability to climatic and edaphic conditions, as well as its availability throughout the dry season. Regarding ruminant nutrition, its leaves and fine stems are a source of high-quality protein and fiber, contributing to energy production in the rumen. In addition, moringa presents a high ruminal degradation rate, making it a feed of high nutritional value for cattle, and it can be supplied fresh, as hay, or ensiled. Therefore, this study aimed to evaluate, through a bibliographic review of scientific journals, whether the co-product of *Moringa oleifera* in ruminant diets promotes a reduction in enteric greenhouse gas production. The analyzed studies indicate that the inclusion of this co-product in ruminant feeding contributes to the mitigation of greenhouse gas emissions, highlighting its potential as a sustainable alternative in animal production.

Keywords: ruminants; biodiesel; moringa; greenhouse gases.

INTRODUÇÃO

O uso de alimentos alternativos na produção pecuária consiste no fornecimento de componentes que possam substituir ingredientes tradicionais da dieta, mantendo uma nutrição eficiente, buscando reduzir custos de produção. A alimentação em sistemas de produção intensivos representa pelo menos 60% dos custos totais do produto final e a diferença nestes valores, entre diferentes regiões, está relacionada à variação na disponibilidade dos ingredientes utilizados na confecção das dietas (HAUSCHILD et al., 2009).

A *Moringa oleifera* possui um grande potencial na nutrição animal e humana, devido ao seu potencial nutritivo, sendo proposto o seu uso na produção animal e no combate à desnutrição humana. A planta apresenta um perfil de minerais interessantes em suas diferentes partes, assim como antioxidantes naturais, vitaminas, betacaroteno e proteínas contendo aminoácidos essenciais (OKUDA et al., 2001; MOURA et al., 2010). Também possui propriedades medicinais sendo utilizada para combater diversas doenças, além de ser uma fonte de látex para borracha e para combustível, apresentando potencial inclusive na restauração de solos como forma de adubação verde, assim como na cosmetologia e na produção de sabonetes (GONZÁLEZ, 2012).

A *Moringa oleifera* pertencente à família Moringaceae, é composta apenas de um gênero (*Moringa*) com 14 espécies conhecidas, é originária da Índia, cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais e vem se expandindo no país, por ser uma espécie perene, de fácil cultivo e com múltiplas utilidades (SILVA et al., 2013), apresenta um rápido crescimento, podendo chegar a taxas de 1,50 cm/dia, atingindo de 7 a 12 metros de altura com grande produção de folhas (CYSNE, 2006; BARRETO et al., 2009). A espécie foi introduzida no Brasil devido à sua elevada capacidade de adaptação às condições de determinadas regiões, especialmente aquelas caracterizadas por longos períodos de estiagem, pluviosidade média anual em torno de 500 mm e altas temperaturas (ANWAR et al., 2007).

De acordo com Sobral et al. (2020) em um estudo sobre a caracterização da *Moringa* e sua utilização na alimentação animal concluíram que a espécie pode ser considerada uma alternativa para sistema de produção animal na região do Semiárido por ser uma espécie adaptada estas condições com grande potencial de produção de forragem de alto valor nutritivo. Desta forma, essa espécie com uso combinado em pastagens, permite aumentar a eficiência de produção e fortalecer

a produção pecuária de bovinos leiteiros e gado de corte, além disso, também pode ser utilizada como alimento alternativo para animais não ruminantes.

O óleo extraído da Moringa é conhecido comercialmente como “Ben Oil”, sendo de cor clara, doce e inodoro (ANWAR et al, 2005). Segundo os autores, a semente é composta em 40% do seu peso por óleo, apresentando conteúdo médio maior do que em outras culturas oleíferas, como: algodão (15 a 24%), soja (17 a 21%), cártamo (25 a 40%) e mostarda (24 a 40%).

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2012, de 2.717.483 bilhões de m³ e uma capacidade de 20.567,8 bilhões de m³, segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2012).

A maioria dos coprodutos ou farelos das oleaginosas que vêm sendo utilizadas para produção de biodiesel no Brasil são passíveis de utilização na alimentação animal, porém, cada uma com suas particularidades no que diz respeito a cuidados antes de serem fornecidas aos animais, devido a alguns fatores tóxicos ou antinutricionais que possuem, quantidades máximas dentro da formulação das dietas dos animais e práticas de armazenamento (ABDALLA et al., 2008).

Nos sistemas de produção de ruminantes, a fermentação entérica representa uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, especialmente metano (CH₄), contribuindo significativamente para o aquecimento global. Nesse contexto, a utilização de coprodutos agroindustriais com potencial de modulação da fermentação ruminal surge como estratégia promissora para a mitigação dessas emissões. Assim, a *Moringa oleifera*, além de seu valor nutricional, pode exercer papel relevante na redução da produção de gases de efeito estufa, justificando sua investigação em sistemas de alimentação de ruminantes.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a inclusão de coproduto da moringa na dieta de ruminantes por meio de revisão de literatura acerca do assunto publicados em periódicos científicos.

2 MORINGA OLEIFERA E SUAS CARACTERÍSTICAS

A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta pertencente à família Moringaceae, a qual é composta por um único gênero, *Moringa*. Esse gênero compreende cerca de 13 espécies, que apresentam variações em suas características morfológicas e formas de crescimento, incluindo desde ervas e arbustos até árvores de maior porte. Dentre essas espécies, a *Moringa oleifera*

destaca-se como a mais amplamente cultivada, sendo também conhecida popularmente como lírio ou quiabo-de-quina (OLIVEIRA et al., 2012).

Sua primeira frutificação é variável, de modo que, em condições ideais de manejo é tida como uma planta precoce, isso ocorre porque possui altas concentrações de zeatina nas folhas, enzima que beneficia o crescimento e desenvolvimento dos órgãos vegetais (CULVER et al., 2012).

As folhas fornecem mais vitamina A do que cenouras, mais vitamina C que as laranjas, mais cálcio do que o leite, mais potássio que a banana, mais ferro que o espinafre e alto teor proteico em comparação a diversas espécies vegetais. Além de ser considerada uma fonte valiosa de carotenoides e de compostos bioativos, com atividade hipotensiva e antioxidante (GOMÉZ; ÂNGULO, 2014).

Segundo Monteiro (2020), as concentrações médias dos elementos identificados nas flores foram as seguintes: Macronutrientes: Ca (0,5 %), K (3 %), P (0,6 %), S (1 %). Micronutrientes: Cu (8 mg/kg), Fe (89 mg/kg), Mn (30 mg/kg) e Zn (43 mg/kg). Saliente-se que as flores apresentam muito mais P, K e Zn, que as folhas.

Considerada, portanto, um alimento promissor para os trópicos devido a sua disponibilidade durante todo o período de estiagem. As folhas frescas de moringa têm excelentes qualidades nutricionais, sendo uma boa fonte proteica (33,77%), possuindo em sua composição vitaminas A, C e algumas do complexo B, minerais como: ferro, cálcio, potássio e zinco (SILVA et al., 2010).

Originária do nordeste da Índia, a *Moringa oleifera* apresenta diversas aplicações, destacando-se na alimentação animal e humana, além de seu uso no tratamento de água. Em função da possibilidade de obtenção de até 38% de óleo de alta qualidade a partir de suas sementes, essa espécie configura-se como uma fonte oleaginosa promissora para a produção de biodiesel, especialmente em um cenário de crescente demanda por alternativas ao diesel de origem fóssil (OLIVEIRA et al., 2012).

A Moringa faz parte da biodiversidade alimentar, sendo considerada como Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC). Nas quais são definidas como plantas com potencial sub explorado para contribuir com a saúde e nutrição, geração de renda e integridade ambiental. Sua definição depende de aspectos geográficos, sociais, econômicos e temporais e inclui uma ampla gama de alimentos selvagens, tradicionais, indígenas e locais (JACOB, 2020).

3 COPRODUTOS DA MORINGA

Grande parte dos coprodutos ou farelos das oleaginosas que vêm sendo utilizados para a produção de biodiesel no Brasil é passível de utilização na alimentação animal, porém ainda não existem dados oficiais da quantidade produzida desses coprodutos, mas estima-se que sejam produzidos na proporção de 1,2 t por tonelada de óleo extraído, o que corresponde a 55% do peso médio das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo (AZEVEDO e LIMA, 2001).

O conteúdo proteico destes coprodutos é relativamente alto (35%) em média, com variação de 14 a 60%, sugerindo a utilização como fonte de proteína para os animais (ABDALLA et al., 2008). O teor de extrato éterio (EE) também varia consideravelmente (3 a 24%) de óleo na dieta, pode auxiliar na mitigação de metano entérico pelos ruminantes (MORGAVI et al., 2012).

O uso adequado dos coprodutos viabiliza ainda mais a cadeia do biodiesel, mas para isso torna-se necessário o conhecimento de determinados fatores, como o armazenamento e a necessidade de tratamentos para a melhoria de seu valor nutritivo, reduzindo assim os efeitos deletérios que a sua utilização pode causar na microbiota ruminal (MIZUBUTI et al., 2011).

Oliveira et al. (2012), citam que o uso dos coprodutos oriundos da produção de biodiesel para a alimentação de ruminantes é vantajoso para o produtor rural, pois pode reduzir os custos com a alimentação, quando em substituição a concentrados convencionais, e geralmente mantém a produtividade e a qualidade dos produtos, desde que as dietas sejam bem balanceadas para atender as exigências nutricionais dos animais. Embora em alguns casos possa haver queda na produtividade, esta é compensada pelos menores custos de produção, sem prejuízos à rentabilidade da atividade.

4 PRODUÇÃO DE GASES E FERMENTAÇÃO RUMINAL

Diversas técnicas vêm sendo utilizadas para avaliar a disponibilidade dos nutrientes no alimento pelos ruminantes, sendo a técnica de produção de gases aplicada em virtude do baixo custo, da rápida execução, da possibilidade de avaliação de grande quantidade de alimentos por ensaio e do fato de utilizar poucos animais. A técnica da produção de gás *in vitro* é uma ferramenta valiosa porque descreve a fermentação dos alimentos de ruminantes (TEDESCHI et al., 2009).

A produção de gás total está correlacionada com a degradabilidade do alimento, e alimentos de ótima qualidade apresentam degradabilidade acima de 80%. Partindo desse pressuposto e utilizando o modelo logístico bicompartimental, ajustado às curvas de produção cumulativa de gases (SCHOFIELD et al., 1994), bem como a soja como alimento padrão, verificou-se que a produção ótima de gás total para ruminantes é a partir de 147,5 mL g⁻¹ de MS em 48 h.

Recentemente pesquisas avaliaram a produção de gás de diferentes fontes proteicas geradas na cadeia produtiva do biodiesel em substituição à silagem de milho, cana de açúcar e silagem de milho na dieta de ruminantes, os três artigos publicados utilizaram da mesma metodologia a técnica *in vitro* de produção de gases e encontraram resultados semelhantes, dentre os vários coprodutos estudados, a moringa *oleifera* destacou-se por apresentar resultados favoráveis para redução de gases em todos os três experimentos (Tabela 1).

TABELA 1- Produção de gás (mL g⁻¹ de MS em 48 h) em diferentes níveis de substituição de dietas volumosas pelo coproduto de moringa *oleifera*.

Autores	Dieta	0%	30%	50%	70%
Medeiros et al., (2015)	Silagem de Milho	130,2	105,6	84,1	68,2
Moreira et al., (2014),	Cana de açúcar	87,81	84,03	80,85	60,25
Morais et al., (2015)	Capim elefante	72,16	57,80	54,58	46,78

Fonte: Adaptada de Medeiros et al., (2015); Moreira et al., (2014) e Moraes et al., (2015).

A substituição na dieta de ruminantes com o coproduto da moringa promoveu menor produção de gases ao final de 48 horas de incubação, em todos os experimentos realizados com aumento da digestibilidade. Isso pode ser explicado pelo conteúdo de proteína desse alimento, segundo Medeiros et al. (2015); Moreira et al. (2014) e Moraes et al. (2015), seria em torno de 577,6 g/kg de MS, o que resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir de CO², reduzindo a sua contribuição para a produção de gás (CIESLAK et al., 2013).

A presença de toxinas, como as proteínas catiônicas polieletrólitos, em coprodutos da moringa, apresentam propriedades antibacterianas, dessa forma se ligam fortemente com micróbios ruminais, em níveis baixos, essas proteínas podem proteger as proteínas para a alimentação animal de degradação no rúmen, mas, em níveis elevados, tais proteínas podem inibir a fermentação do rúmen (PALMA et al., 2013). Isso explica a diminuição na produção de gás, o que resultaria na

diminuição da população bacteriana do rúmen, diminuindo a participação na fermentação. Sabe-se que essa redução de gases é benéfica dos pontos de vista ambiental e energético para os ruminantes, tornando o coproduto da moringa mais eficiente em relação à sustentabilidade (MEDEIROS et al., 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão do coproduto da *Moringa oleifera* na dieta de ruminantes contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa, especialmente aqueles oriundos da fermentação entérica, como o metano (CH₄). Além do benefício ambiental, essa estratégia favorece o melhor aproveitamento da energia pelos animais, refletindo em maior eficiência dos sistemas produtivos.

Dessa forma, o uso desse coproduto configura-se como uma alternativa promissora e sustentável na alimentação de ruminantes, podendo auxiliar simultaneamente na mitigação dos impactos ambientais da pecuária e na otimização do desempenho produtivo.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 260–268, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Boletim Mensal do Biodiesel**. Brasília, DF, out. 2012. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2015.

ANWAR, F. et al. Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 82, n. 1, p. 45–51, 2005.

ANWAR, F. et al. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. **PHYTOTHERAPY RESEARCH**, v. 21, n. 1, 2007.

BARRETO, M. B. et al. Constituintes químicos voláteis e não voláteis de *Moringa oleifera* Lam., Moringaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 893–897, out./dez. 2009.

CIESLAK, A.; SZUMACHER-STRABEL, M.; STOCHMAL, A. et al. Plant components with specific activities against rumen methanogens. **ANIMAL**, v. 7, p. 253–265, 2013.

CULVER, M. et al. Effect of *Moringa* extract on growth and yield of tomato. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 5, 2012.

- CYSNE, J. R. B. **Propagação *in vitro* de *Moringa oleifera***. Fortaleza, 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- GOMÉZ, A. V.; ANGULO, K. J. O. Revisión de las características y usos de la planta *Moringa oleifera*. **Investigación & Desarrollo**, v. 22, n. 2, 2014.
- GONZÁLEZ, D. *Moringa oleifera*: la garantía de un futuro mejor. **Revista ACPA**, n. 3, p. 40–42, 2012.
- HAUSCHILD, L. et al. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **ANIMAL**, v. 4, p. 714–723, 2009.
- JACOB, M. M. Biodiversidade de plantas alimentícias não convencionais em uma horta comunitária com fins educativos. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 15, p. 44037, 2020.
- MEDEIROS, F. F. et al. Degradabilidade e produção de gases *in vitro* de fontes proteicas alternativas na alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 519–526, 2015.
- MONTEIRO, J. M. G. P. **Caracterização dos componentes voláteis das folhas e flores de *Moringa oleifera* cultivada em Portugal e avaliação do perfil nutricional**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020.
- MORAIS, R. K. O. et al. *In vitro* degradation and total gas production of byproducts generated in the biodiesel production chain. **ACTA Scientiarum. Animal Science**, v. 37, n. 2, p. 143–148, 2015.
- MOREIRA, M. N. et al. *In vitro* degradability and total gas production of biodiesel chain byproducts used as a replacement for sugarcane feed. **ACTA Scientiarum. Animal Science**, v. 36, p. 399, 2014.
- MORGAVI, D. P. et al. Rumen protozoa and methanogenesis: not a simple cause–effect relationship. **British Journal of Nutrition**, v. 107, p. 388–397, 2012.
- MOURA, A. S. et al. Estudo da eficiência de métodos de obtenção de concentrados proteicos a partir de moringa (*Moringa oleifera*). In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 2., 2010. **Anais [...]**. 2010.
- OKUDA, T. et al. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. **Water Research**, v. 35, p. 405–410, 2001.
- OLIVEIRA, R. L. et al. Biodiesel by-products used as ruminant feed. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 25, n. 4, p. 625–638, 2012.
- PALMA, S. M. O. et al. *In vitro* fermentation, digestion kinetics and methane production of oilseed press cakes from biodiesel production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, p. 1102–1110, 2013.

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2980–2991, 1994.

SILVA, N. V. et al. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica** v. 4, n. 4, 2010.

SILVA, T. C. S. et al. Utilização de sementes de *Moringa oleifera* como alternativa para produção de biodiesel. **Revista Genitec**, v. 3, n. 2, 2013.

SOBRAL, A. J. S.; MUNIZ, E. N.; SILVA, C. M. Caracterização da *Moringa oleifera* Lam. e sua utilização na alimentação animal. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2020.

TEDESCHI, L. O. et al. Effects of chemical composition variation on the dynamics of ruminal fermentation and biological value of corn milling (co)products. **Journal Of Dairy Science**, v. 92, p. 401–413, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coletânea *Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro – Volume 4* reafirma a relevância da bioclimatologia como área estratégica para a compreensão das interações entre ambiente, fisiologia e desempenho produtivo de animais em regiões semiáridas. Os estudos apresentados evidenciam que, embora os animais possuam considerável capacidade adaptativa, as condições climáticas adversas — intensificadas pelas mudanças climáticas — representam desafios significativos à manutenção do bem-estar e da eficiência produtiva.

Os resultados reforçam que o estresse térmico constitui um dos principais fatores limitantes da produção animal no semiárido, exigindo a adoção de estratégias de manejo ambiental mais eficientes, o uso de genótipos adaptados e a melhoria das condições de ambiência. Nesse contexto, a integração entre conhecimento científico, inovação tecnológica e práticas de manejo adequadas mostra-se essencial para a construção de sistemas produtivos mais resilientes e sustentáveis.

Destaca-se, ainda, a importância da valorização dos recursos genéticos adaptados às condições do semiárido, fundamentais para a sustentabilidade da produção animal frente às adversidades ambientais. A conservação e o uso estratégico desses genótipos representam um caminho seguro para o fortalecimento dos sistemas produtivos regionais.

Por fim, esta obra cumpre seu papel ao ampliar a difusão do conhecimento científico em acesso aberto, contribuindo para a formação de estudantes, pesquisadores e profissionais, além de estimular novas investigações. Assim, consolida-se como referência na área e como instrumento de apoio ao desenvolvimento de soluções voltadas à produção animal no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS ORIGINAIS

As referências apresentadas a seguir correspondem aos artigos científicos originais que deram origem aos capítulos desta coletânea. Todos os textos foram previamente publicados, revisados e adaptados para o formato de capítulo, em conformidade com as diretrizes ético-editoriais da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA), assegurando a rastreabilidade, a transparência e a integridade científica das informações.

CARVALHO, A. B. et al. Inclusão de erva-cidreira (*Lippia alba*) como aditivo fitogênico na alimentação de codornas japonesas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 45, n. 4, p. 1031, 2024.

INÔ, C. F. A. et al. Termorregulação em ovinos, gradientes térmicos e termografia. **Revista COOPEX**, v. 15, n. 3, p. 5943–5959, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61123/coopex.v15i3.99>

MEDEIROS, F. F. et al. Utilização do coproduto da moringa oleífera na alimentação de ruminantes promove mitigação de gases de efeito estufa. **Revista COOPEX**, v. 14, n. 4, p. 3512–3520, 2023.

SILVA, G. A.; SOUZA, B. B.; SILVA, E. M. N. Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 4, p. 116–119, 2015.

SILVA, J. A. P. C. et al. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de ovinos nativos mantidos em condições controladas. **Revista COOPEX**, v. 14, n. 1, p. 1665–1674, 2023.

SILVA, M. R. et al. Preservação, conservação e uso sustentável de raças e grupos genéticos nativos do semiárido brasileiro. **Revista COOPEX**, v. 14, n. 5, p. 3759–3772, 2023.

SOUZA, B. B. et al. Caprinos e ovinos adaptados aos trópicos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 2, p. 42–50, 2015.

SOUZA, B. B. et al. Respostas fisiológicas de ovinos e caprinos ao estresse por calor no semiárido brasileiro, utilizando o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) como índice de conforto térmico. **Revista COOPEX**, v. 15, n. 3, p. 6008–6020, 2024.

SOUZA, B. B. et al. Respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor de caprinos mestiços de Boer no semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 146–151, 2011.

SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N. Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 1, p. 12–16, 2016.

Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro
Coletânea Científica – Artigos Completos – Volume 4

Com este **Volume 4**, a ECSA consolida sua atuação como editora científica independente, mantendo o rigor metodológico e o padrão ético-editorial da coleção *Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro*, cuja continuidade está prevista para os **Volumes 5 e 6**.

Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA

Patos – PB, Brasil – 2026

ISBN 978-65-01-94881-2

