



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

MARIA VANESSA DE ALMEIDA LIMA

**INTEGRAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS
COMO INDICADORES DE ADAPTAÇÃO TÉRMICA EM CAPRINOS NATIVOS DO
SEMIÁRIDO**

AREIA

2026

MARIA VANESSA DE ALMEIDA LIMA

**INTEGRAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS
COMO INDICADORES DE ADAPTAÇÃO TÉRMICA EM CAPRINOS NATIVOS DO
SEMIÁRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Paes
Saraiva.

AREIA

2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732i Lima, Maria Vanessa de Almeida.

Integração entre parâmetros fisiológicos e morfológicos como indicadores de adaptação térmica em caprinos nativos do Semiárido / Maria Vanessa de Almeida Lima. - Areia:UFPB/CCA, 2026.
45 f. : il.

Orientação: Edilson Paes Saraiva.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Caprinocultura. 3. Suplementação.
4. Raças nativas. 5. Termorregulação. I. Saraiva, Edilson Paes. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(02)

MARIA VANESSA DE ALMEIDA LIMA

**INTEGRAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS
COMO INDICADORES DE ADAPTAÇÃO TÉRMICA EM CAPRINOS NATIVOS DO
SEMIÁRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Zootecnia.

Aprovado em: 23/01/2026.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva (Orientador)

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Me. Delfino Isac Belarmino Afo

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Profa. Drª. Carla Aparecida Soares Saraiva

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Aos meus pais, Joseildo e Eliane, que, sob muito sol, me fizeram chegar até aqui pela sombra e com água fresca,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me sustentar e fortalecer todos os dias, especialmente nos momentos em que pensei em desistir. Só Ele sabe de todas as renúncias e lutas enfrentadas para que eu pudesse chegar até aqui. À Nossa Senhora Aparecida, minha intercessora, por conduzir minhas preces até o Seu Filho e ser meu amparo diário. Tudo com Jesus, nada sem Maria.

Aos meus pais, Joseildo e Eliane, de quem eu herdei a paixão pelo sítio e, sobretudo, pelos animais. Foi a partir dessa paixão vinda de vocês, do cuidado de meu pai e sua luta todos os dias com seus animais (uma pequena criação), assim como do cuidado da minha mãe na produção de queijo coalho, manteiga da terra e doce de leite, que, mesmo sem perceberem, incentivaram-me a cursar a Zootecnia, e quando falei que iria morar e estudar em Areia, não falaram nada além de um “a gente dá um jeito”, para que eu conseguisse, no maior conforto, chegar até aqui. Obrigada por sonharem os meus sonhos comigo, por todo o apoio e incentivo que sempre me foi dado. Apesar de não ter sido fácil sair de casa, sou grata por terem me criado com valores sólidos e com asas para voar o mais longe possível, mas sabendo que tenho para onde voltar sempre que preciso. É o amor, o cuidado de vocês e essa certeza que ajudam a suportar a saudade e me mantêm firme no meu objetivo. Não consigo expressar em palavras o quanto sou grata por tudo. O “jeitinho” que íamos dar deu certo. Essa conquista é nossa.

Aos meus irmãos, Vinícios e João Pedro, os melhores presentes que meus pais poderiam me dar, obrigada por estarem sempre ao meu lado. Vinícios, além de irmão, é meu amigo e companhia diária. Obrigada por toda a ajuda e incentivo de sempre, ter você ao meu lado em Areia tornou esse processo mais leve.

À minha avó, Maria Inês, minhas tias, Myrela, Mylena, Adriana e Ionara, minhas primas, Tatianny, Talyta e Tayna e meus primos, Matheus, Isaac e Arthur, pelo apoio constante, incentivo e por vibrarem comigo em cada conquista. Um diploma não se constrói sozinho; o meu carrega um pedacinho de cada um de vocês.

À Anna Juscielly, grande exemplo de parceria e lealdade, que, além de amiga tornou-se uma irmã e minha família em Areia. Uma das primeiras amizades que fiz na universidade, antes mesmo do início das aulas e com quem dividi a mesma casa por

dois anos, acumulando histórias e aprendizados que não caberiam aqui. Desde então foi meu ponto de apoio e ombro amigo. Me ensina tanto sobre a vida e me aproxima ainda mais de Deus. Um exemplo de dedicação e resiliência, sonhamos juntas ao longo do curso e seguimos realizando esses sonhos, sempre apoiando uma à outra. Obrigada por tornar essa caminhada mais leve.

À minha turma, pelos conhecimentos compartilhados e momentos de descontração. Em especial à Emylle, que certa vez me disse que eu era inspiração para ela, sem saber que ela também é uma inspiração para mim dentro da universidade, sempre disposta a me ajudar. A amizade que construímos e os momentos de conversa serviram para descontrair e deixar mais leve uma rotina que, muitas vezes, era tão pesada. À Vânia, pelas inúmeras ajudas oferecidas ao longo do curso e pela amizade. À Heloísa, que, com toda sua ajuda e boa vontade, tornou esse processo mais leve, dividindo noites de estudo e a ansiedade pré-prova. À Mirelly Fidelis, com quem também dividi a mesma casa juntamente com Juscielly. Os momentos vividos, especialmente na varandinha da antiga casa em que morávamos, permanecerão sempre guardados em minha memória.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva, pela excelente orientação, incentivo e paciência durante esses anos, bem como por todos os ensinamentos, e pela oportunidade em projetos de pesquisa, nos quais fui bolsista durante toda a minha graduação.

Ao grupo de estudos em Bioclimatologia, Etologia e Bem-Estar Animal (BioEt), que me acolheu e me proporcionou excelentes experiências, conhecimentos e oportunidades, onde participei de projetos de pesquisa e extensão, bem como realizei algumas publicações ao longo da minha graduação.

De forma especial, agradeço aos amigos que o BioEt me presenteou. À Luiz Arthur, meu primeiro contato com o grupo e com a pesquisa, que de orientador de PIBIC tornou-se um grande amigo. Agradeço pela paciência, pelos ensinamentos, pelo incentivo constante e por acreditar tanto no meu potencial. Sua contribuição foi essencial para a minha formação acadêmica. À Maria Isabelly, que se tornou uma grande amiga minha, e além de me orientar em projetos de pesquisa, também continuou me orientando durante toda a minha graduação. Obrigada pelo apoio,

incentivo, conversas, conselhos e por sempre acreditar no meu potencial. Grande parte do que sei hoje aprendi com você. À Marcos Venycios, pela amizade, todo apoio e incentivo. A Wagner Souza, pela amizade, apoio e todos os momentos que compartilhamos de alegria e descontração.

À Prof (a). Dr^a. Jacinara Hody Gurgel Moraes Leite, por toda a ajuda prestada na reta final da graduação e colaboração, mesmo no período de férias, para que eu conseguisse finalizar minhas disciplinas, sem que tivesse nenhum prejuízo.

Aos demais professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, agradeço por todo o conhecimento compartilhado, que foi essencial para a minha formação.

À minha banca avaliadora, pela disponibilidade, atenção e valiosas contribuições ao longo do processo de avaliação deste trabalho.

Por fim, que este agradecimento alcance a todos os demais amigos e aqueles que, de alguma forma, contribuíram e me ajudaram para que eu chegasse até aqui. Cada passo meu carrega um pouco de vocês, pois nenhum sonho se realiza sozinho.

Muito obrigada!

RESUMO

A caprinocultura é uma atividade em expansão no Nordeste brasileiro, sustentada pela rusticidade dos caprinos e sua capacidade de adaptação às condições adversas do Semiárido. No entanto, esses animais estão expostos a estressores ambientais relacionados ao calor, à restrição nutricional e ao déficit hídrico, que afetam diretamente seu desempenho produtivo e bem-estar. Objetivou-se avaliar respostas fisiológicas, características do pelame e da pele e morfologia renal de caprinos Canindé e Moxotó submetidos à suplementação energética durante o período seco na Caatinga. Foram utilizados 40 caprinos machos castrados, 20 da raça Canindé e 20 da raça Moxotó, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2×2 (raça $\times$ suplementação: 0% e 1% do peso corporal), no período de dezembro de 2023 a março de 2024. As variáveis ambientais monitoradas (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura de globo negro ao sol e à sombra e Índice de Temperatura Globo e Umidade (ITGU)) confirmaram condições de estresse térmico. Foram avaliados parâmetros fisiológicos: frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura superficial (TS); no pelame, espessura (EP), comprimento (CP), densidade e diâmetro dos pelos; na pele, espessura da epiderme (EEP), área de capilares sanguíneos (ACSAN) e área de glândulas sudoríparas (AGSUD) em três regiões corporais (espádua, costado e pernil); e, nos rins, a distribuição de néfrons corticais e justamedulares. Os resultados mostraram que a raça Canindé apresentou maior FR ($80,7 \text{ mov.min}^{-1}$) e TS ($38,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$) em relação à Moxotó ($62,7 \text{ mov.min}^{-1}$; $37,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$), enquanto a TR permaneceu dentro da faixa fisiológica para a espécie. No pelame, não houve efeito da suplementação, mas houve diferenças entre raças: a Moxotó apresentou maior EP ($5,22 \text{ mm}$), enquanto a Canindé apresentou maior CP ($34,7 \text{ mm}$). Na pele, houve efeito de raça na ACSAN, com maior valor na Moxotó ($148,03 \text{ } \mu\text{m cm}^{-2}$). A suplementação influenciou positivamente ($P < 0,05$) EEP ($54,75 \text{ } \mu\text{m}$), ACSAN ($156,09 \text{ } \mu\text{m cm}^{-2}$) e AGSUD ($273,75 \text{ } \mu\text{m cm}^{-2}$). Entre as regiões corporais, a espádua apresentou maior EEP ($59,77 \text{ } \mu\text{m}$), seguida do costado ($50,16 \text{ } \mu\text{m}$) e pernil ($42,34 \text{ } \mu\text{m}$), e maiores valores de ACSAN (espádua $153,11 \text{ } \mu\text{m cm}^{-2}$; costado $154,03 \text{ } \mu\text{m cm}^{-2}$; pernil $115,04 \text{ } \mu\text{m cm}^{-2}$). Na morfologia renal, não houve diferença entre raças no número de néfrons, mas em ambas foi constatada maior quantidade de néfrons corticais em relação aos justamedulares, estes últimos característicos de animais adaptados a regiões com déficit hídrico, fundamentais para a concentração urinária e a sobrevivência em ambientes semiáridos. Conclui-se que Canindé e Moxotó utilizam diferentes mecanismos adaptativos, sendo a Moxotó mais eficiente pela estrutura do pelame e da pele, e que a suplementação energética potencializa mecanismos morfofisiológicos de termorregulação em ambas as raças.

Palavras-chave: caprinocultura; suplementação; raças nativas; termorregulação.

ABSTRACT

Goat farming is a growing activity in Northeast Brazil, supported by the hardiness of goats and their ability to adapt to the harsh conditions of the semi-arid region. However, these animals are exposed to environmental stressors related to heat, nutritional restriction, and water deficit, which directly affect their productive performance and well-being. The objective was to evaluate physiological responses, coat and skin characteristics, and renal morphology of Canindé and Moxotó goats subjected to energy supplementation during the dry season in the Caatinga biome. Forty castrated male goats were used, 20 of the Canindé breed and 20 of the Moxotó breed, distributed in a completely randomized design, in a 2×2 factorial arrangement (breed $\times$ supplementation: 0% and 1% of body weight), from December 2023 to March 2024. The monitored environmental variables (air temperature, relative humidity, wind speed, black globe temperature in sun and shade, and Temperature-Humidity Index (THI)) confirmed thermal stress conditions. Physiological parameters were evaluated: respiratory rate (RR), rectal temperature (RT), and surface temperature (ST); in the coat, thickness (TP), length (LL), density, and diameter of the hairs; in the skin, epidermal thickness (EPT), blood capillary area (ACSAN), and sweat gland area (AGSUD) in three body regions (shoulder, rib, and leg); In the kidneys, the distribution of cortical and juxtamedullary nephrons was also analyzed. The results showed that the Canindé breed presented higher respiratory rate (RR) ($80.7 \text{ breaths/min}^{-1}$) and bath time (BT) (38.7°C) compared to the Moxotó breed ($62.7 \text{ breaths/min}^{-1}$; 37.5°C), while rectal temperature remained within the physiological range for the species. In the coat, there was no effect of supplementation, but there were differences between breeds: the Moxotó breed presented a higher epidermal profile (5.22 mm), while the Canindé breed presented a higher coat circumference (CC) (34.7 mm). In the skin, there was a breed effect on the ACSAN (area of skin tissue and urea nitrogen), with a higher value in the Moxotó breed ($148.03 \mu\text{m cm}^{-2}$). Supplementation positively influenced ($P < 0.05$) EEP ($54.75 \mu\text{m}$), ACSAN ($156.09 \mu\text{m cm}^{-2}$) and AGSUD ($273.75 \mu\text{m cm}^{-2}$). Among body regions, the shoulder presented the highest EEP ($59.77 \mu\text{m}$), followed by the rib ($50.16 \mu\text{m}$) and ham ($42.34 \mu\text{m}$), and the highest ACSAN values (shoulder $153.11 \mu\text{m cm}^{-2}$; rib $154.03 \mu\text{m cm}^{-2}$; ham $115.04 \mu\text{m cm}^{-2}$). In renal morphology, there was no difference between breeds in the number of nephrons, but both showed a greater number of cortical nephrons compared to juxtamedullary nephrons. The latter are characteristic of animals adapted to regions with water deficits and are fundamental for urinary concentration and survival in semi-arid environments. It is concluded that Canindé and Moxotó utilize different adaptive mechanisms, with Moxotó being more efficient due to the structure of its coat and skin, and that energy supplementation enhances morphophysiological thermoregulation mechanisms in both breeds.

Keywords: goat farming; supplementation; native breeds; thermoregulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização geográfica do município de São João do Cariri.....	26
Figura 2 - Regiões corporais para obtenção da temperatura superficial.	28
Figura 3 - Comparação de médias da frequência respiratória e temperatura superficial. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de tukey.	32
Figura 4 - Comparação de médias das características do pelame. Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de tukey.....	33
figura 5 - Comparação de médias entre as raças (canindé e moxotó) e locais (cortical e justamedular). Letras diferentes coluna diferem entre si pelo teste de tukey.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média das variáveis e índices ambientais coletados durante o período experimental e durante as coletas de dados.	31
Tabela 2 - Média das características estruturais da pele de caprinos e canindé e moxotó suplementados no semiárido equatorial.	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 ESTRESSE TÉRMICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO	14
2.2 TERMORREGULAÇÃO EM CAPRINOS: FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS	15
2.3 PAPEL DO TEGUMENTO NA DISSIPACÃO DE CALOR.....	17
2.4 INTEGRAÇÃO ENTRE RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS COMO INDICADORES DE ADAPTAÇÃO TÉRMICA	18
2.4.1. Limitações de abordagens baseadas em variáveis isoladas	18
2.4.2. Evidências de integração fisiologia × morfologia	20
2.4.3. Indicadores integrados de adaptação térmica	22
2.5 RAÇAS NATIVAS E ADAPTAÇÃO AO SEMIÁRIDO	23
3 METODOLOGIA	25
3.1. LOCAL DE ESTUDO	25
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO	26
3.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS.....	27
3.5 SUPLEMENTAÇÃO	27
3.6 COMPOSIÇÃO DO CONCENTRADO	27
3.7. PARÂMETROS AVALIADOS	28
3.7.1. Parâmetros fisiológicos.....	28
3.7.2. Parâmetros morfológicos	28
3.8.ABATE.....	29
3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A caprinocultura é uma atividade em expansão no Nordeste brasileiro, impulsionada pela rusticidade e pela capacidade de adaptação dos caprinos às condições adversas da região. Além disso, desempenha papel importante como fonte de subsistência para pequenos agricultores, contribuindo para a fixação do homem no campo e para o desenvolvimento socioeconômico regional (Amorim, 2016). O território nordestino possui aproximadamente 74% da sua área inserida na região Semiárida, a qual é caracterizada por altas temperaturas, chuvas irregulares e longos períodos de estiagem, fatores que impõem severas limitações à produção animal (Batista e Souza, 2015).

Nesse cenário, o principal sistema de criação de caprinos é o extensivo ou semi-extensivo, tendo como base a vegetação nativa da Caatinga (Amorim, 2016; Brandão, 2021). Durante a estação chuvosa, essa vegetação apresenta elevado valor nutricional; entretanto, no período seco, a disponibilidade e a qualidade da forragem reduzem-se drasticamente (Batista e Souza, 2015).

Por essa razão, destacam-se as raças nativas pela rusticidade, alta resistência a ambientes com características do Semiárido, adaptação às restrições hídricas e alimentares e elevada resistência a doenças e parasitas (Eloy et al., 2007; Albuquerque et al., 2016). As raças Moxotó e Canindé destacam-se por serem as únicas oficialmente reconhecidas como raças e amplamente difundidas no Brasil (Silva et al., 2019). Apesar de serem consideradas rústicas, ainda assim podem ser submetidas a estressores ambientais que influenciam suas respostas adaptativas e, conseqüentemente, seu desempenho produtivo (Viana et al., 2013).

Essas respostas adaptativas podem se manifestar em diferentes níveis: comportamental, morfológico, fisiológico, bioquímico, neuroendócrino e genético, incluindo alterações na expressão de genes relacionados ao estresse (Abioja et al., 2023). Vale ressaltar que tais mecanismos são modulados por fatores como estação do ano, idade, sexo, horário do dia, estágio fisiológico, consumo de água, ingestão alimentar, exercício e processo de digestão (Otoikhian et al., 2009; Phulia et al., 2010; Sharma & Kataria, 2011; Leite et al., 2012; Lucena et al., 2013; Ribeiro et al., 2016, 2018).

Em situações de estresse térmico prolongado, os caprinos ativam mecanismos fisiológicos específicos que favorecem a termotolerância. Nesse contexto, observa-se inicialmente o aumento da frequência respiratória, que intensifica a perda de calor por evaporação (Renaudeau et al., 2012; Sejian et al., 2021). Paralelamente, características morfológicas exercem papel fundamental, pois influenciam diretamente os processos de convecção, radiação e evaporação cutânea. Desse modo, as diferenças fenotípicas entre raças refletem distintas estratégias de adaptação ao estresse térmico (McManus et al., 2009).

No entanto, observa-se que grande parte das pesquisas disponíveis ainda utilizam as variáveis fisiológicas e morfológicas como características pontuais, e não de forma integrada. Essa prática além de limitar a compreensão dos mecanismos de adaptação térmica, também pode levar a interpretações equivocadas sobre a capacidade adaptativa desses animais. Dessa forma, objetivou-se avaliar de forma integrada os parâmetros fisiológicos e morfológicos, de caprinos nativos da raça Canindé e Moxotó do Semiárido, como indicadores de adaptação térmica, considerando a influência da suplementação energética.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESTRESSE TÉRMICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO

O Semiárido corresponde a 74% do território nordestino e caracteriza-se por condições climáticas adversas, apresentando altas temperaturas, o que implica elevadas taxas de evapotranspiração; intensa radiação solar, baixas amplitudes térmicas, chuvas irregulares e longos períodos de seca, que influenciam diretamente em um elevado déficit hídrico. Além disso, o semiárido nordestino apresenta baixos índices pluviométricos e uma distribuição sazonal das chuvas, em que a estação chuvosa ocorre em torno de 3 a 5 meses, enquanto a estação seca é mais prolongada, acontecendo entre 7 e 9 meses (Zanella, 2014; Batista e Souza, 2015). Essas condições implicam diretamente na produção animal, impondo desafios constantes, visto que o sistema de produção predominante é o extensivo, com infraestrutura limitada e tendo como principal base a vegetação da caatinga, a qual é totalmente afetada nos períodos de seca (Brandão, 2021).

Nesse cenário adverso, os mecanismos fisiológicos dos animais são comprometidos, o que favorece a ocorrência de condições de estresse térmico. O estresse é definido como a ativação dos mecanismos de defesa do organismo frente a estímulos provocados por agentes estressores, internos ou externos, que afetam a homeostase. Nesse contexto, o estresse térmico ocorre quando há desequilíbrio entre o calor produzido pelo animal e sua capacidade de dissipá-lo para o ambiente, tornando os mecanismos termorregulatórios ineficientes e comprometendo o desempenho e a saúde dos animais (Daltro et al., 2020).

Consequentemente, o estresse térmico exerce impactos totalmente negativos sobre os sistemas de produção, afetando diretamente o desempenho animal. Quando submetido a essa condição, o animal apresenta redução no consumo alimentar como estratégia para diminuir a produção de calor metabólico, o que resulta em queda no desempenho produtivo, expressa pela menor produção, além de comprometer a eficiência reprodutiva fazendo com que o animal passe a priorizar a manutenção de suas funções vitais (Berihulay et al., 2019; Ghezzi et al., 2024).

2.2 TERMORREGULAÇÃO EM CAPRINOS: FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS

A termorregulação pode ser definida como a capacidade do organismo de manter a temperatura corporal dentro de limites fisiológicos relativamente constantes, mesmo diante de variações nas condições ambientais (Cunningham e Klein, 2008; Batista et al., 2015). Nesse sentido, de acordo com Medeiros e Vieira (1997), denomina-se faixa de conforto térmico o intervalo de temperatura ambiente no qual não há necessidade de ativação dos mecanismos termorregulatórios pelo animal.

Embora os caprinos sejam considerados rústicos com uma alta capacidade de adaptação a ambientes com condições climáticas adversas, esses animais também estão sujeitos a estressores ambientais, especialmente estresse térmico, decorrentes de altas temperaturas e alta incidência solar (Araújo, 2022). Quando submetidos a desconforto térmico, eles ativam mecanismos termorreguladores e mudanças fisiológicas na tentativa de regular sua temperatura corporal, dentre as principais respostas fisiológicas ao calor observadas nos caprinos destacam-se o aumento da temperatura superficial, da frequência respiratória e da temperatura retal (Batista et al., 2015).

Quando submetidos a elevadas temperaturas, os caprinos ativam inicialmente os mecanismos de perda de calor sensível, como condução, convecção e radiação, os quais dependem da existência de um gradiente térmico entre o corpo do animal e o ambiente. Esses mecanismos são controlados principalmente pela atividade vasomotora, caracterizada pela vasodilatação periférica, a qual, por sua vez, favorece a transferência do calor do núcleo corporal para a superfície, permitindo que o animal dissipe o calor para o meio (Cunningham e Klein, 2008; Reece, 2017). No entanto, à medida que a temperatura ambiente aumenta, aproximando-se da temperatura corporal, o gradiente térmico é reduzido e esses mecanismos se tornam menos eficientes (Viana et al., 2013).

Dessa forma, o animal passa a depender dos mecanismos de perda de calor latente, especialmente a evaporação por meio da respiração e da sudorese (Cunningham e Klein, 2008; Souza et al., 2012; Reece, 2017).

A frequência respiratória, por sua vez, constitui-se como uma das primeiras respostas fisiológicas ao estresse térmico. Esse aumento está diretamente relacionado à intensificação da perda de calor por evaporação pulmonar (Cunningham e Klein, 2008; Souza et al., 2012). A dissipação de calor por sudorese também desempenha papel relevante em caprinos, os quais possuem glândulas sudoríparas funcionais, que, no momento de grande elevação da temperatura ambiente, são ativadas, permitindo a perda de calor por evaporação cutânea. Esse mecanismo atua de forma integrada à evaporação respiratória, especialmente em situações de estresse térmico intenso (Cunningham e Klein, 2008; Reece, 2017).

A temperatura retal, por sua vez, constitui-se como um forte indicador indireto do estado térmico do núcleo corporal, devido ele ter uma menor influência da variação do ambiente além de atingir o equilíbrio térmico também de forma mais lenta, quando comparado com a temperatura superficial, embora não represente diretamente a temperatura central (Cunningham e Klein, 2008; Viana et al., 2013; Reece, 2017). Dessa forma, elevações da temperatura retal acima dos valores fisiológicos normais para os caprinos, que apresentam uma média de 39,1 °C, com variação entre 38,5 e 39,7 °C, conforme afirmam Cunningham e Klein (2008) e Reece (2017), indicam maior acúmulo de calor corporal, demonstrando uma falha nos mecanismos de termorregulação, gerando uma sobrecarga que se caracteriza como estresse térmico.

Além das respostas fisiológicas imediatas, o estresse térmico desencadeia ajustes metabólicos e alterações no controle neuroendócrino, como a diminuição dos níveis dos hormônios tireoidianos triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), resultante da redução da atividade metabólica como estratégia para minimizar a produção de calor endógeno. Em situações em que os limites de tolerância térmica são ultrapassados, observa-se aumento da secreção de cortisol, hormônio associado à resposta ao estresse (Cunningham e Klein, 2008; Souza et al., 2012).

Todas essas respostas fisiológicas, metabólicas e endócrinas são coordenadas pelo sistema nervoso central, tendo o hipotálamo como o centro termorregulador, especialmente pela área pré-óptica, que está localizada na região rostral, onde estão presentes diversos neurônios termossensíveis que ao serem estimulados através de impulsos térmicos provenientes de todo os tecidos corporais devido a qualquer mudança na temperatura ambiente, sinalizam o centro termorregulador, permitindo

que sejam ativados mecanismos para regular a temperatura corporal (Batista et al., 2015; Cunningham e Klein, 2008; Reece, 2017).

2.3 PAPEL DO TEGUMENTO NA DISSIPACÃO DE CALOR

O sistema tegumentar, constituído pela pele e estruturas associadas, como o pelame, as glândulas sudoríparas e os vasos sanguíneos superficiais, além de desempenhar função protetora, termorregulatória e sensorial, é capaz de captar estímulos do ambiente (Silva et al., 2010; Colville e Bassert, 2010; Mascarenhas et al., 2023). Além disso, por constituir a principal interface entre o animal e o ambiente, atua como um órgão termorregulador ativo que atua diretamente nas trocas de calor do animal com o meio, sendo que a temperatura da superfície corporal influencia diretamente a perda de calor, por meio da sudorese (Silva et al., 2010).

As características morfológicas do tegumento, como cor e espessura do pelame, pigmentação, espessura e vascularização da pele, influenciam o processo de termorregulação (AL-Ramamneh, 2023; Mascarenhas et al., 2023). O pelo exerce uma função importante nesse processo. Pelos mais curtos, associados a maior espessura, permitem maior capacidade de dissipação de calor, enquanto pelos mais longos e de menor espessura apresentam maior dificuldade no processo de eliminação do calor (Mascarenhas et al., 2023). Além disso, pelos longos atuam como uma barreira de proteção e, quando submetidos a altas temperaturas, absorvem maior radiação, formando uma camada de calor entre a superfície da pele e o pelame (Ligeiro et al., 2006; Colville e Bassert, 2010; Mascarenhas et al., 2023).

A cor do pelame também influencia a quantidade de calor que será absorvida ou refletida pelos animais, influenciando diretamente a dissipação de calor. Pelos mais escuros tendem a absorver maior carga de radiação solar, auxiliando no aquecimento do animal, ao contrário de pelos mais claros, que favorecem a refletividade da radiação (Colville e Bassert, 2010; Berihulay et al., 2019; AL-Ramamneh, 2023).

O mesmo ocorre com a epiderme, peles pigmentadas apresentam maior capacidade de absorção da radiação solar; por outro lado, uma pele mais pigmentada atua na proteção contra a radiação excessiva (Colville e Bassert, 2010; Mascarenhas et al., 2023; Barcelos et al., 2024). A espessura da pele influencia diretamente as

trocas térmicas, de modo que uma pele mais fina e bem vascularizada favorece esse processo, enquanto uma pele mais espessa, embora atue como barreira protetora contra a radiação excessiva, dificulta a dissipação de calor (Amorim et al., 2019).

Como afirmam Mascarenhas et al. (2023), a combinação de pelos curtos e espessos e de epiderme pigmentada tolera melhor as condições do ambiente tropical. Essas características morfológicas são essenciais no processo de termorregulação, sendo muito utilizadas por ovinos e caprinos, o que promove sua rusticidade e capacidade de adaptação em diferentes ambientes térmicos (Ligeiro et al., 2006; Berihulay et al., 2019; AL-Ramamneh, 2023).

As glândulas sudoríparas são fundamentais nesse processo, pois são ativadas pelo aumento da temperatura superficial, a qual estimula uma maior circulação sanguínea e aciona os mecanismos termorregulatórios por meio da evaporação cutânea. A produção de suor é um mecanismo fisiológico utilizado na manutenção da homeostase, promovendo o resfriamento do animal e auxiliando na regulação da temperatura corporal. Outro fator que influencia essa ativação é a pelagem; a depender da cor, pode facilitar a absorção de radiação, ocasionando aumento da temperatura superficial, da circulação sanguínea e, conseqüentemente, maior produção de suor (Mascarenhas et al., 2023).

É de extrema importância o estudo e o entendimento sobre a morfologia do animal, pois alterações morfológicas e funcionais no sistema tegumentar são indicadores importantes relacionados à capacidade de adaptação térmica dos animais.

2.4 INTEGRAÇÃO ENTRE RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS COMO INDICADORES DE ADAPTAÇÃO TÉRMICA

2.4.1. Limitações de abordagens baseadas em variáveis isoladas

A avaliação dos parâmetros fisiológicos, da frequência respiratória, da temperatura superficial e da temperatura retal de forma isolada apresenta limitação na avaliação. Esses parâmetros são ativados quando os animais são submetidos a altas temperaturas (Cunningham e Klein, 2008; Reece, 2017).

Como observados em estudos apresentados por Nascimento et al. (2022), o aumento dos parâmetros fisiológicos ocorreu principalmente no período da tarde,

coincidindo com a elevação da temperatura do ar, o que evidencia respostas fisiológicas imediatas a variações térmicas ao longo do dia. Em estudos realizados por Batista et al. (2015), em caprinos da raça Moxotó, demonstraram que, mesmo em situações de desconforto térmico, com elevação da frequência respiratória e cardíaca, os animais conseguiram manter a temperatura retal dentro dos limites fisiológicos.

Esses resultados indicam que, apesar da elevação de alguns parâmetros fisiológicos, os animais são capazes de manter a homeotermia, demonstrando a capacidade de ajuste fisiológico frente ao estresse térmico (Lima et al., 2022). Estudos com cabras adaptadas ao semiárido demonstram que, mesmo diante da variação diária das respostas termorregulatórias, em função das oscilações da temperatura ao longo do dia, os animais apresentam capacidade de retorno ao estado fisiológico inicial após o estresse, o que tem sido interpretado como eficiência adaptativa (Façanha et al., 2020).

Dessa forma, tais variáveis, quando analisadas de forma isolada, não podem ser utilizadas para definir a adaptação térmica dos animais, uma vez que representam respostas momentâneas frente às variações ambientais, indicando a ativação de mecanismos de dissipação de calor. Contudo, esses parâmetros não expressam, por si só, o custo fisiológico associado à manutenção da homeotermia ao longo do tempo, além de não serem respostas exclusivas ao estresse térmico visto que podem ocorrer em diferentes situações fisiológicas ou metabólicas, como a ingestão de alimentos, a qual promove maior produção de calor corporal devido ao aumento do metabolismo, além de atividades excessivas, entre outros fatores (Viana et al., 2013).

Nesse contexto, além das respostas fisiológicas, as características morfológicas também desempenham papel fundamental na termorregulação. De acordo com Façanha et al. (2010), o pelame atua como uma barreira entre o corpo do animal e o ambiente térmico. Ao analisar as características morfológicas do pelame de vacas holandesas em região semiárida, afirma que o animal que apresenta uma combinação de uma epiderme pigmentada, com pelos curtos, claros e pelame pouco denso é mais tolerável ao calor, também mostrou que ocorrem mudanças em relação a espessura do pelame desses animais ao longo do ano, onde no inverno apresentavam pelos longos e no verão esses pelos eram substituídos por pelos mais curtos. Essas

características permitem que os animais tenham uma melhor adaptação as elevadas temperatura e radiação solar (Ligeiro et al., 2006).

Essas características afirmam que os animais utilizam de estratégias morfológicas para conseguirem se adaptar a diversos ambientes, porém, apesar da relevância das características morfológicas do pelame na modulação das trocas térmicas, estudos que se baseiam exclusivamente nesses parâmetros apresentam limitações importantes, por isso eles não podem por si só afirmar a eficiência dos animais em relação a termorregulação (Gebremedhin et al., 2023).

A presença de um pelame considerado favorável ao ambiente quente não garante, isoladamente, que o animal consegue manter a homeotermia, uma vez que a eficiência da termorregulação depende da integração com respostas fisiológicas, como frequência respiratória, sudorese e controle da temperatura corporal. Dessa forma, a avaliação apenas de aspectos morfológicos ou apenas fisiológicos pode levar a interpretações parciais sobre a real adaptação térmica dos animais.

2.4.2. Evidências de integração fisiologia × morfologia

As respostas dos animais aos estressores térmicos envolvem ajustes fisiológicos e morfológicos que vão atuar de forma integrada. Embora a frequência respiratória seja amplamente utilizada como indicador de resposta ao estresse térmico, sua utilização não está relacionada apenas à intensidade da carga térmica ambiental, mas também à eficiência das estruturas. Animais que apresentam pelagem com pelos curtos e mais espessos, de cor clara associados com uma pele pigmentada apresentam maior eficiência na dissipação de calor, o que reduz a necessidade de intensificação de respostas fisiológicas compensatórias, como a elevação da frequência respiratória (Leite et al., 2021).

Dessa forma, a interpretação da frequência respiratória como indicador de adaptação térmica deve ser realizada de maneira integrada às características morfológicas do tegumento, uma vez que valores elevados podem refletir limitações estruturais na dissipação de calor, e não necessariamente maior tolerância ao ambiente térmico.

A temperatura superficial reflete o fluxo de calor transferido do núcleo corporal para a superfície da pele e está diretamente associada aos mecanismos de vasodilatação periférica. Esse aumento ocorre em resposta à intensificação do fluxo sanguíneo cutâneo, facilitando a condução do calor metabólico até a superfície corporal (Cunningham e Klein, 2008). Esses são estímulos fundamentais para a ativação das glândulas sudoríparas e maior taxa de sudorese, principal via de dissipação de calor em ambientes quentes (Lima, 2020).

De acordo com Araújo (2017), a relação entre a temperatura superficial e a temperatura ambiente não responde de forma direta às variações da temperatura ambiente, sendo modulada por diferentes fatores ambientais e fisiológicos. Mesmo em condições que limitam a perda de calor por vias sensíveis, observa-se a elevação da temperatura superficial decorrente da intensificação da vasodilatação periférica como estratégia para transferir o calor do núcleo corporal para a superfície, ajuste fisiológico que contribui para a manutenção da homeostase térmica. Assim, a temperatura superficial deve ser analisada de forma integrada à vascularização cutânea e à sudorese, uma vez que seu aumento pode representar um mecanismo adaptativo que favorece a perda de calor por evaporação cutânea.

A fisiologia e a morfologia atuam de forma integrada nos animais, permitindo uma interpretação mais precisa da adaptação térmica (Sejian et al., 2018). Essa abordagem integrada possibilita distinguir respostas fisiológicas agudas ao estresse térmico de adaptações funcionais ao ambiente.

As estruturas cutâneas e o pelame atuam como mecanismos predominantemente passivos, ao definirem o potencial de dissipação de calor pela superfície corporal, enquanto as respostas fisiológicas, como o aumento da frequência respiratória, da temperatura superficial e da sudorese, representam ajustes dinâmicos frente às variações ambientais (McManus et al., 2011). Dessa forma, baseado na discussão de Berihulay et al, (2019), animais que apresentam características morfológicas mais favoráveis tendem a manifestar respostas fisiológicas mais amenas, preservando a homeostase térmica com menor custo energético.

2.4.3. Indicadores integrados de adaptação térmica

Indicadores biológicos são variáveis mensuráveis de um organismo que fornecem informações sobre o estado fisiológico, comportamental ou adaptativo em resposta a um estressor ou condição ambiental. Eles são usados em pesquisa para compreender como o organismo responde e ajusta sua fisiologia e comportamento frente a desafios, e podem ser combinados, como por exemplo fisiologia e morfologia, para fornecer uma avaliação mais completa da adaptação biológica (Babington et al., 2024). Alguns indicadores utilizados para mensurar a adaptação térmica dos animais são a frequência respiratória, a temperatura retal e a temperatura superficial, taxa de sudação, associados a características morfológicas do pelame e da pele (Façanha et al., 2013).

A morfologia e a fisiologia, quando analisadas de forma isolada, não fornecem uma avaliação completa da adaptação térmica, uma vez que cada uma representa apenas um aspecto do sistema termorregulatório do animal. Enquanto a morfologia influencia a capacidade física de troca de calor com o ambiente, a fisiologia reflete a forma como o organismo responde no momento ao estresse térmico (Berihulay et al., 2019). Para compreender de maneira mais precisa a eficiência adaptativa, é necessário que essas variáveis sejam analisadas de forma integrada.

Em trabalhos realizados por Berihulay et al. (2019), sobre os mecanismos de adaptação de pequenos ruminantes ao estresse térmico ambiental, envolvendo ovelhas e cabras, observou-se que ovelhas com pelame de coloração clara apresentaram maior eficiência frente ao desconforto térmico, refletida em menores valores de temperatura retal e frequência respiratória, mesmo sob altas temperaturas. Em contraste, ovelhas com pelame de coloração escura e mais espesso, associado a uma pele mais grossa, apresentaram menor eficiência adaptativa em ambientes de elevada temperatura.

Isso é afirmado por Sejian et al. (2018), que complementam que as características morfológicas, além de serem de grande importância no processo de adaptação, influenciam diretamente as trocas de calor com o ambiente, como a convecção cutânea, a radiação e a evaporação. Esses resultados evidenciam que os

indicadores morfológicos e fisiológicos estão inter-relacionados, de modo que a variação de um condiciona diretamente o comportamento do outro.

Compreender essa integração morfofisiológica é de grande importância, principalmente para a seleção de animais bem adaptados à região semiárida (Façanha et al., 2013), a qual é caracterizada por altas temperaturas, chuvas irregulares e longos períodos de seca (Batista e Souza, 2015). Levando em consideração que o sistema extensivo é predominante na região (Miranda et al., 2018), entender essa relação representa uma grande vantagem prática, pois facilita a escolha de matrizes e reprodutores mais adaptados e eficientes sob condições adversas, além de subsidiar a adoção de estratégias de manejo compatíveis com o sistema utilizado, como a oferta estratégica de sombra, o ajuste dos horários de pastejo e o planejamento nutricional durante os períodos críticos de seca, promovendo maior sustentabilidade produtiva e melhor desempenho animal nos sistemas semiáridos. (Danso et al., 2024).

2.5 RAÇAS NATIVAS E ADAPTAÇÃO AO SEMIÁRIDO

De acordo com Lima et al. (2007), Moxotó, Canindé, Repartida e Marota são os principais tipos de caprinos nativos, que foram desenvolvidos a partir de raças trazidas pelos colonizadores, e a partir da seleção natural pelo qual foram submetidos, desenvolveram características de adaptação as condições do ambiente que foram inseridas. Esses animais nativos são de grande importância no semiárido, pelo fato de apresentarem alta resistência no sistema de maior predominância, o extensivo (Eloy et al., 2007). No contexto das raças nativas do Brasil, a Moxotó e Canindé destacam-se por serem as únicas oficialmente reconhecidas como raça e amplamente difundidas no país (Silva et al., 2019).

A raça Moxotó teve sua origem no vale do rio Moxoto, no Pernambuco e foi reconhecida e oficializada pelo Ministério da Agricultura sobre a portaria nº 11 de dezembro de 1977. Enquanto a raça Canindé foi formada no estado do Piauí e teve seu reconhecimento oficial em 1999 pelo Ministério da Agricultura do Brasil (Eloy et al., 2007; Medeiro, 2022). São animais que apresentam características morfológicas típicas de animais bem adaptados para o semiárido nordestino, como rusticidade,

baixa exigência nutricional e alta eficiência para aproveitamento de pastagens de baixo valor nutricional (Menezes et al., 2020).

Os animais da raça Moxotó se destacam pelas seguintes características morfológicas: os animais são de pequeno porte, variando de 50 e 70 centímetros e peso médio que varia de 22 a 38 kg, para adultos. Todos os animais possuem chifres, com pelagem predominante branca, com uma lista negra que se estende ao longo da linha dorso-lombar. Possui pigmentação escura ao redor dos olhos e duas faixas negras que se estendem até o focinho, geralmente de coloração preta, assim como as orelhas, a face ventral do corpo, as extremidades, as mucosas, as unhas e o úbere. Apresentam pelos curtos, lisos e brilhantes (Santos, 2024).

Os animais da raça Canindé apresentam características morfológicas como pelagem preta, com uma faixa branca estreita que desce da arcada orbitária até próximo do focinho e uma linha branca ventral que se inicia na base do peito, seguindo pelas axilas, passando pela região inguinal e pelas nádegas, atingindo à base da inserção da cauda, onde os pelos das bordas inferiores são claros. Além disso, são animais que pesam entre 20 a 35kg com uma altura de 55 centímetro, o que os caracteriza como animais de pequeno porte (Santos, 2024).

Do ponto de vista fisiológico, cabras e ovelhas destacam-se em relação a adaptação ao estresse térmico, devido ao aumento da frequência respiratória e da sudorese, além de ajustes endócrinos e redução nas taxas metabólicas, como afirma Berihulay et al. (2019). Além disso, o porte corporal desses animais exerce influência direta sobre os mecanismos de adaptação térmica, visto que por serem animais de pequeno porte, apresentam menores exigências metabólicas e isso influencia em uma menor produção de calor endógeno (AL-Ramamneh, 2023). Associadas as características descritas por Santos (2024) para as raças Moxotó e Canindé, essas condições são favoráveis para a manutenção do equilíbrio térmico em ambientes de elevada carga térmica, como se destaca o semiárido.

Morfologicamente, características como a cor do pelame, comprimento, espessura do pelo e densidade do pelame, atuam na proteção da pele e capacidade de dissipação do calor que o animal possui (Barcelos et al., 2024). A cor da pelagem influencia na quantidade de radiação absorvida ou refletida pelo animal. Pelagens de

cor clara conseguem refletir mais a radiação, ao contrário de pelagens de cor escura, que absorvem mais (Berihulay et al., 2019).

Uma pelagem de cor clara, associados à pelos mais espessos e uma pele pigmentada favorece com que o animal consiga sobreviver a ambientes com altas temperaturas (Leite et al., 2021), o que é evidenciado nos caprinos Moxotó de acordo com Santos (2024). Embora os caprinos da raça Canindé apresentem pelos de coloração escura, sua pele também é pigmentada, o que lhe confere uma maior proteção contra radiação solar (Mascarenhas et al., 2023).

Em complemento às adaptações morfológicas, na região do Semiárido, principalmente no período de seca, ocorre a diminuição da água disponível, no entanto, esses animais adaptados a essas regiões utilizam de estratégias para conservar a água frente as restrições hídricas, limitando as perdas de água na urina, fezes e evaporação. Essas características mostram a capacidade de adaptação desses animais frente a ambientes com temperaturas adversas (Santos, 2024). Além disso, são animais que apresentam elevada rusticidade, adaptação a restrição hídrica, alimentar e elevadas temperaturas e alta resistência a doenças e parasitas (Albuquerque et al., 2016).

3 METODOLOGIA

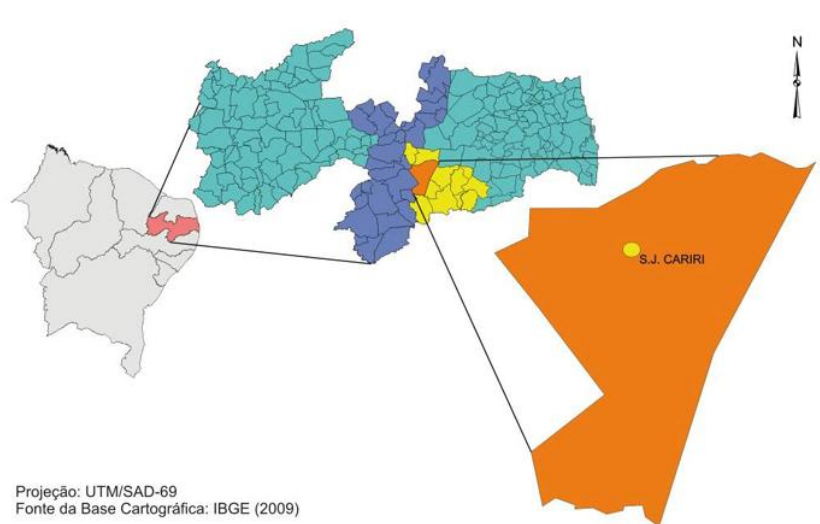
3.1. LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa foi conduzida na Unidade de Pesquisa em Pequenos Ruminantes da Estação Experimental de São João do Cariri (07° S, 36° W; 320 ha), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, localizada no município de São João do Cariri – PB, com duração de 94 dias, sendo 22 de adaptação ao ambiente experimental e 72 de coleta de dados.

O município possui área territorial de 700,6 km², representando 1,24% da área do Estado (figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é BSh, caracterizado como semiárido, com estação chuvosa de janeiro a abril e precipitação média anual de aproximadamente 450 mm (Bacia Escola – UFCG). As chuvas são irregulares e concentradas em curtos períodos, seguidas por longas estiagens. A temperatura média anual é de 25 °C, com amplitude térmica de 5 °C, e nebulosidade variando entre 5/10 e 4/10 do céu. O rigor climático da região condiciona a presença

de vegetação típica de caatinga hiperxerófila, distribuída em solos rasos e pedregosos.

Figura 1 - Localização geográfica do município de São João do Cariri.



Fonte: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/11667/9152>

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram utilizados 40 caprinos machos castrados em fase de crescimento, com peso vivo entre 15,5 e 18,0 kg, sendo 20 da raça Canindé e 20 da raça Moxotó, em regime extensivo. Os animais foram distribuídos em quatro tratamentos, com 10 animais cada, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), arranjo fatorial 2×2 , considerando dois genótipos (Canindé e Moxotó) e dois níveis de suplementação (0% e 1% do peso corporal). Para coleta de amostras, foram utilizados os mesmos seis animais por tratamento.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO

As variáveis climáticas foram registradas ao longo do período experimental utilizando estação meteorológica portátil (HOBO® RX3000), instalada ao lado da área de pastejo, a 1,2 m de altura e a cerca de 1,0 m da superfície do solo. As coletas foram realizadas em intervalos de cinco minutos, medindo: temperatura do ar (T_a , °C; faixa -40 a 75 °C; precisão $\pm 0,25$ °C), umidade relativa (UR, %; 0–100%; $\pm 2,5$ %), irradiância solar (R_s , $W\ m^{-2}$; 0–1400; faixa espectral 300–1100 nm; $\pm 10\ W\ m^{-2}$) e velocidade do vento (W_s , $m\ s^{-1}$; 0–76; precisão $\pm 1,1\ m\ s^{-1}$).

Nos dias de coleta de dados fisiológicos, instalou-se globos negros para medir a temperatura de globo negro ao sol (Tg_{sol}) e à sombra (Tg_{sombra}), em intervalos de uma hora. O globo negro consistiu em esfera de cobre de 0,15 m de diâmetro e 5 mm de espessura, pintada de preto e equipada com datalogger de temperatura (HOBO® U12-013; faixa -20 a 70 °C; precisão $\pm 0,35$ °C)

O ambiente térmico foi caracterizado pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), calculado pela equação de Buffington et al. (1981):

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

em que Tgn = temperatura do globo negro (°C) e Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C).

3.4. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS

A disponibilidade de pasto foi avaliada pelo método do quadrado (1,0 × 1,0 m), e a massa de forragem foi coletada para análise bromatológica. Também foram analisados os ingredientes do concentrado, possibilitando estimar a composição química e a quantidade de recursos alimentares disponíveis ao longo do período experimental.

3.5 SUPLEMENTAÇÃO

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em dois níveis de suplementação: 0% e 1% do peso corporal (PC). Todos permaneceram em pastagem nativa das 6 às 16 h, sendo depois recolhidos ao aprisco. Nesse momento, os animais suplementados eram conduzidos a baias individuais, equipadas com comedouros, para o fornecimento do concentrado.

3.6 COMPOSIÇÃO DO CONCENTRADO

O suplemento consistiu em ração concentrada composta por milho, farelo de soja e mistura mineral. A formulação atendeu às recomendações do NRC (2007), com teor de proteína bruta de 16% e 2,3 Kcal/kgMS de energia metabolizável para ganhos

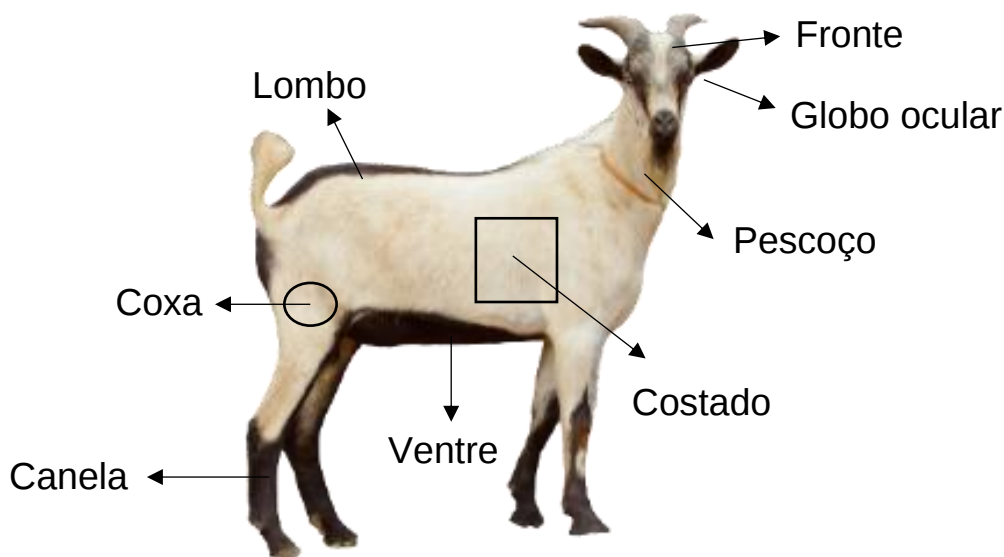
de 150 g/dia. A quantidade fornecida foi ajustada semanalmente de acordo com o peso vivo semanal dos animais, garantindo consumo equivalente a 1% do PC.

3.7. PARÂMETROS AVALIADOS

3.7.1. Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos foram avaliados a cada 15 dias, totalizando quatro coletas, realizadas entre 14h30 e 15h30. Foram mensurados os seguintes parâmetros: Temperatura retal (TR), aferida com termômetro clínico veterinário digital, introduzido a 5 cm no reto, mantendo a leitura por 2 minutos; frequência respiratória (FR), determinada pela contagem dos movimentos do flanco durante 15 segundos e multiplicada por quatro, expressa em movimentos por minuto; e a temperatura superficial (TS), obtida como média das temperaturas de oito regiões corporais (fronte, globo ocular, pescoço, lombo, costado, ventre, coxa e canela), utilizando câmera termográfica calibrada com coeficiente de emissividade ajustado para 0,97.

Figura 2 - Regiões corporais para obtenção da temperatura superficial.



Fonte: Elaboração própria

3.7.2. Parâmetros morfológicos

A espessura do pelame (EP) foi medida em média 10 cm abaixo da coluna vertebral, entre a 12ª e 13ª vértebras torácicas, no lado direito, com paquímetro digital, conforme Silva (2000). Amostras de pelos foram coletadas com alicate adaptado (LEE, 1953), acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas até a análise.

Determinou-se a densidade de pelos pela contagem manual, o comprimento dos pelos e a espessura do pelame com paquímetro digital e o diâmetro médio de pelos utilizando um micrômetro digital, considerando-se os 10 pelos mais longos (UDO, 1978; Mascarenhas et al., 2023).

Amostras de pele foram obtidas em três regiões corporais: espádua, costado (entre a 12^a e 13^a costelas, 10 cm abaixo da coluna) e pernil (10 cm abaixo do ílio). As coletas foram padronizadas no lado direito, conforme Silva et al. (2010) e Amorim et al. (2016), com seis repetições por tratamento em cada região. Após tricotomia, aplicaram-se 2 mL de lidocaína a 2% como anestésico local e, após 10 minutos, retirou-se um fragmento de 0,5 cm de diâmetro com *punch* dermatológico de aço inoxidável. As feridas foram tratadas com unguento cicatrizante e repelente, recebendo aplicação periódica.

Foram coletados fragmentos do rim direito (~1 cm³), por cortes longitudinais e transversais, preservando as zonas cortical e justamedular para avaliação da distribuição de néfrons, conforme Gautam et al. (2022). As amostras de pele e rim foram fixadas em solução de formol salino a 10% (Singh & Sulochana, 1997; Heleno et al., 2011) e processadas no Laboratório de Histologia Animal da UFPB, Campus II. As amostras foram desidratadas em séries crescentes de álcool (80%, 95% e 100%), diafanizadas em xilol (duas passagens) e incluídas em parafina. Cortes histológicos de 5 µm foram obtidos em micrótomo rotativo, corados em Hematoxilina–Eosina (HE) e montados em lâminas.

As lâminas foram analisadas em microscópio Olympus BX-60 com câmera digital Motic acoplada, utilizando o software Motic Images Plus 2.0. As fotomicrografias foram digitalizadas, e as medições incluíram: espessura da epiderme e da derme (objetivas 40× e 20×), área de glândulas sudoríparas (objetiva 10×; duas fotomicrografias por fragmento), área de capilares sanguíneos (objetiva 40×; sete fotomicrografias por fragmento) e contagem de néfrons nas regiões cortical e justamedular (objetivas 10× e 40×; quatro fotomicrografias por fragmento).

3.8. ABATE

Aos 94 dias, os animais foram submetidos a jejum alimentar e hídrico de 16 horas, sendo posteriormente eutanasiados conforme a Resolução Normativa nº 30/2016 (CONCEA/MCTI), o Guia Brasileiro de Produção, Manutenção ou Utilização

de Animais em Atividades de Ensino ou Pesquisa Científica (CONCEA, 2023) e o Decreto nº 9.013/2017 (BRASIL, 2017).

3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis fisiológicas e de pelame foram analisadas em esquema fatorial 2×2 (raças $\times$ suplementação). Para espessura da epiderme, área de capilares sanguíneos e área de glândulas sudoríparas, adotou-se esquema fatorial $2 \times 2 \times 3$ (raças $\times$ suplementação $\times$ regiões corporais). A variável relacionada à contagem de néfrons foi analisada em fatorial 2×2 (raças $\times$ regiões). Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o procedimento PROC GLM do software SAS OnDemand (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das variáveis e índices ambientais registrados durante todo o período experimental e especificamente nos dias de coleta encontram-se na Tabela 1. Observa-se que os animais permaneceram expostos a condições de altas temperaturas e intensa radiação solar ao longo do estudo. Além disso, durante o período de coleta de dados foram constatados maiores valores de temperatura do ar (TA) e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), associados a menores valores de umidade relativa (UR). Esse conjunto de condições caracteriza um ambiente de estresse por calor, o que repercutiu diretamente nos parâmetros fisiológicos avaliados, especialmente na frequência respiratória (FR) e na temperatura superficial (TS) dos caprinos.

Tabela 1 - Média das variáveis e índices ambientais coletados durante o período experimental e durante as coletas de dados.

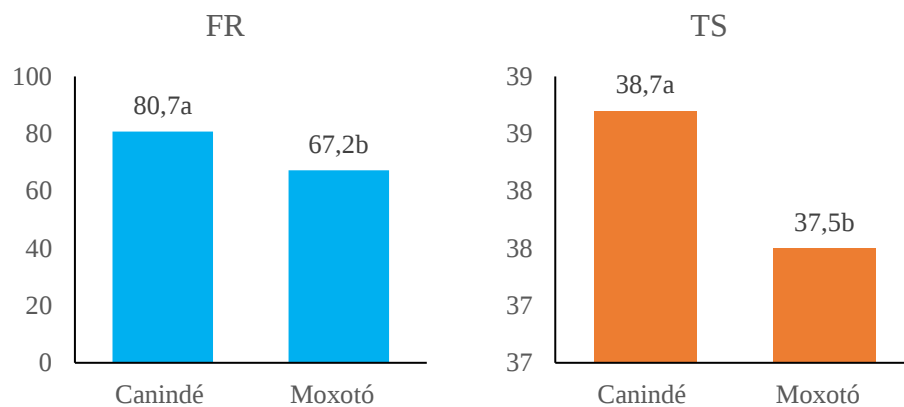
Variáveis e índices ambientais	Períodos	
	Experimental	Coletas
Temperatura máxima do ar, T _{máx} (°C)	40.5	40.4
Temperatura mínima do ar, T _{mín} (°C)	20.9	36.2
Temperatura média do ar, T _{média} (°C)	26.7	38.6
Temperatura do globo negro ao sol, T _{gn} (sol) (°C)	30.5	47.1
Temperatura do globo negro na sombra, T _{gn} (somb) (°C)	----	35.6
Temperatura do ponto de orvalho, T _{po} (°C)	22.6	22.6
Umidade relativa, UR (%)	80.4	37.6
Velocidade do vento (m/s)	2.0	1.8
Índice de temperatura e umidade ao sol, ITGU (sol)	80.1	97
Índice de temperatura e umidade na sombra, ITGU (sombra)	----	85

A temperatura média do ar registrada no período das coletas ultrapassou a faixa de conforto térmico para caprinos, estimada entre 20,6 e 30 °C, cuja superação promove desconforto e alterações fisiológicas (Lucena et al., 2013). Os valores do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), de 85 à sombra e 97 ao sol, confirmam que os animais foram submetidos a condições de estresse térmico.

Embora não exista uma escala padronizada desse índice para caprinos e ovinos, valores iguais ou superiores a 83 já são considerados indicativos de estresse de intensidade moderada a alta (De Souza et al., 2024). Nesse contexto, os resultados evidenciam que todos os animais, independentemente da raça, estiveram expostos a condições ambientais críticas em determinados períodos do dia, reforçando a necessidade da ativação integrada dos mecanismos fisiológicos e morfológicos para a manutenção da homeostase.

A análise de variância (ANOVA) mostrou que a suplementação não influenciou ($P > 0,05$) as variáveis fisiológicas e não houve interação significativa entre os fatores. Entretanto, observou-se efeito de raça ($P < 0,05$), em que os caprinos Canindé apresentaram maior frequência respiratória (FR) e maior temperatura superficial (TS) em relação à raça Moxotó (Figura 2). Por outro lado, a temperatura retal (TR) não diferiu ($P > 0,05$) entre as raças, mantendo-se dentro da faixa fisiológica considerada normal para a espécie.

Figura 3 - Comparação de médias da frequência respiratória e temperatura superficial. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey.



FR: frequência respiratória e TS: temperatura superficial

Fonte: Elaboração própria.

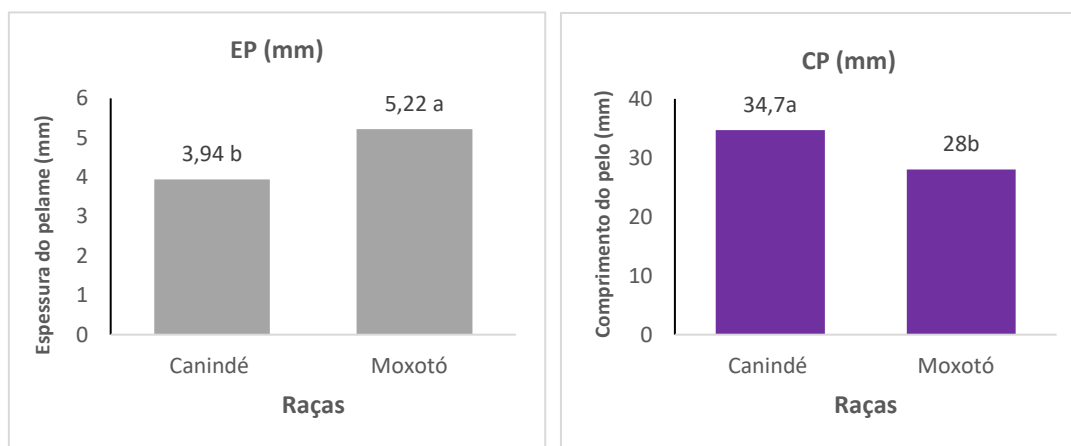
Os resultados indicam que a raça Canindé utilizou mais intensamente a frequência respiratória (FR) como mecanismo de dissipação de calor em comparação à raça Moxotó. O mesmo padrão foi observado para a temperatura superficial (TS), em que os animais Canindé apresentaram valores superiores. Segundo Eloy et al. (2011), esse comportamento está associado à menor quantidade de glândulas sudoríparas nessa raça, o que limita a perda de calor por evaporação cutânea e

intensifica o uso da FR como via compensatória, sugerindo maior dependência de respostas fisiológicas imediatas para dissipar o calor para o meio.

Além disso, a coloração da pelagem exerce influência importante na termorregulação. Caprinos Canindé apresentam predominantemente pelagem preta, que absorve maior quantidade de radiação solar devido à baixa refletividade, favorecendo o acúmulo de calor corporal. Em contrapartida, a raça Moxotó possui pelagem branca, que reflete a radiação incidente, reduzindo a absorção de calor e proporcionando melhor adaptação a ambientes quentes (Medeiros et al., 1997).

A análise de variância (ANOVA) mostrou que a suplementação não influenciou ($P > 0,05$) as características estruturais do pelame e não houve interação significativa entre raça e suplementação. No entanto, observaram-se diferenças entre as raças ($P < 0,05$) na espessura do pelame (EP) e no comprimento dos pelos (CP), como apresentado na Figura 3.

Figura 4 - Comparação de médias das características do pelame. Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey.



EP: espessura do pelame (mm); CP: comprimento do pelo (mm).

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados mostraram que a raça Moxotó apresentou maior espessura do pelame em comparação à raça Canindé. Em contrapartida, os animais Canindé exibiram maior comprimento dos pelos que os Moxotó. Uma maior espessura, associada à pelos mais curtos, favorece a dissipação de calor, enquanto pelos longos funcionam como barreira isolante, retendo uma camada de ar quente junto à superfície corporal (Amorim, 2016). Assim, os caprinos Moxotó, por apresentarem pelame mais

espesso e curto, demonstram maior adaptação ao clima quente e seco do Semiárido, sendo mais eficientes nos processos de termorregulação sob condições de estresse térmico (Oliveira, 2007). Dessa forma, essas características morfológicas, quando analisadas em conjunto com os parâmetros fisiológicos, permitem a compreensão da menor ativação da frequência respiratória e da temperatura superficial observadas na raça Moxotó, indicando uma maior eficiência adaptativa desse animal ao estresse térmico.

Nas características da pele, observou-se efeito de raça sobre a área de capilares sanguíneos (ACSAN), com valores mais elevados para a Moxotó ($148,03 \mu\text{m cm}^{-2}$), sem interação significativa entre os fatores. A suplementação exerceu efeito positivo ($P < 0,05$) sobre a espessura da epiderme (EEP), a ACSAN e a área das glândulas sudoríparas (AGSUD), com médias superiores nos animais suplementados (EEP: $54,75 \mu\text{m}$; ACSAN: $156,09 \mu\text{m cm}^{-2}$; AGSUD: $273,75 \mu\text{m cm}^{-2}$). Entre as regiões corporais avaliadas, a espádua apresentou maiores valores de EEP ($59,77 \mu\text{m}$), seguida pelo costado ($50,16 \mu\text{m}$) e pelo pernil ($42,34 \mu\text{m}$). Para a ACSAN, verificaram-se também diferenças ($P < 0,05$) entre regiões: espádua ($153,11 \mu\text{m cm}^{-2}$), costado ($154,03 \mu\text{m cm}^{-2}$) e pernil ($115,04 \mu\text{m cm}^{-2}$).

De modo geral, a suplementação contribuiu para o aumento da espessura da epiderme, da irrigação sanguínea e da área das glândulas sudoríparas, sugerindo um fortalecimento da capacidade de resposta da pele ao estresse térmico.

Embora tenham ocorrido diferenças entre raças e regiões anatômicas, não foram observadas interações significativas entre raça e suplementação, exceto para a EEP, que apresentou interação entre os fatores de acordo com os dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Média das características estruturais da pele de caprinos e canindé e moxotó suplementados no Semiárido Equatorial.

Variáveis	Raça (R)		Suplementação (S)		Local (L)			EPM	Valor de p						
	Canindé	Moxotó	Não	Sim	Costado	Espadua	Pernil		R	S	L	R*S	R*L	S*L	R*S*L
EEP	51,12a	50,16a	46,41b	54,75a	50,16b	59,77a	42,34c	18,80	0,9029	<.0001	<.0001	0,0250	<.0001	0,0954	<.0001
AGSUD	9389,91a	9542,53a	8247,23b	10377a	9675,28a	9372,57a	9368,76a	6115,45	0,8065	0,0008	0,9435	0,7689	0,8731	0,6063	0,1714
ACSAN	133.01b	148.03a	125.00b	156.09a	153.11a	154.03a	115.04b	113.00	<.0001	<.0001	<.0001	0.0837	0.9212	0.4671	0.4801

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; EPM=erro padrão da média. EEP: Espessura da epiderme; AGSUD: Área das glândulas sudoríparas e ACSAN: Área dos capilares sanguíneos.

Os resultados deste estudo evidenciam que a espessura da epiderme foi influenciada pela raça, pelo local anatômico e pela suplementação. A suplementação promoveu aumento significativo ($P < 0,05$) da espessura em ambas as raças, o que indica que o melhor aporte nutricional contribuiu não apenas para a manutenção da condição corporal, mas também para a adaptação dos animais às condições ambientais adversas. Entre as regiões avaliadas, a espádua apresentou maior espessura da epiderme, seguida do costado e, por último, do pernil. Esse resultado confirma que a espessura epidérmica não é homogênea e pode estar associada à maior exposição solar em determinadas áreas do corpo (Amorim, 2016; Lisboa et al., 2010; Da Costa Pinheiro et al., 2015).

A suplementação também influenciou positivamente ($P < 0,05$) a área das glândulas sudoríparas, com maiores valores observados nos animais suplementados. Considerando que a sudorese é um dos principais mecanismos de termorregulação em caprinos, esse aumento sugere que a melhora do estado nutricional potencializa a capacidade de produção de suor e, conseqüentemente, a eficiência da dissipação de calor em ambientes quentes (Amorim, 2016; Da Silva et al., 2010; Da Costa Pinheiro et al., 2015).

Quanto aos capilares sanguíneos, houve diferenças significativas entre os fatores analisados, embora sem interação entre eles. A raça Moxotó apresentou maior área de capilares ($P < 0,05$), favorecendo a dissipação de calor por convecção e radiação, o que reforça sua maior eficiência adaptativa em ambientes adversos. Os animais suplementados também exibiram maior área capilar, evidenciando que a suplementação influencia diretamente a vasodilatação periférica. Entre as regiões, espádua e costado apresentaram maiores áreas de capilares, possivelmente por estarem mais ativamente envolvidas nas trocas térmicas (Da Costa Pinheiro et al., 2015).

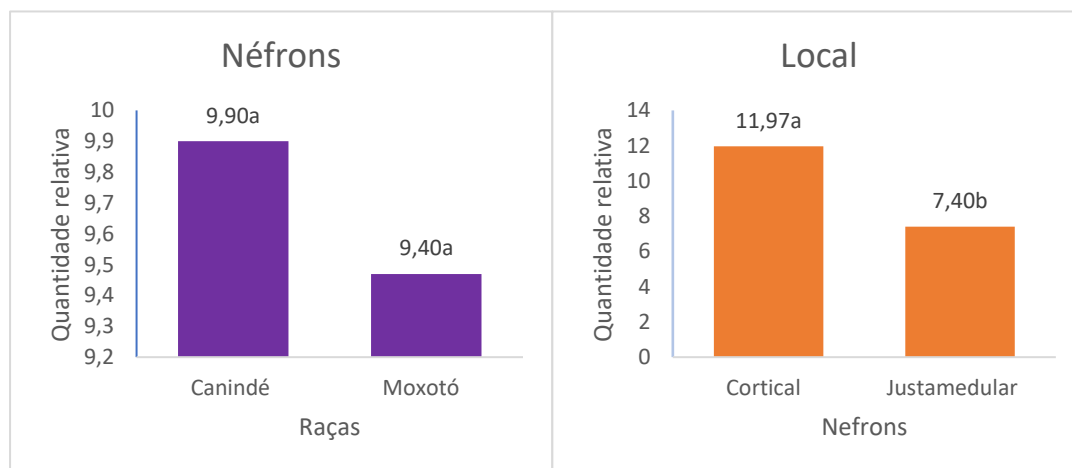
De maneira integrada, os resultados demonstram que o aumento da espessura da epiderme funciona como uma barreira protetora contra a radiação solar, mas também contribui para o acúmulo de calor. Como mecanismo compensatório, ocorre a ampliação da área das glândulas sudoríparas e capilares sanguíneos, estruturas que atuam de forma conjunta para otimizar a termorregulação em ambientes quentes, (Da Costa Pinheiro et al., 2015).

Essas alterações morfológicas estão diretamente ligadas à termorregulação fisiológica. O aumento da temperatura ambiente eleva a temperatura superficial, o que

faz com que o animal tenha a necessidade de dissipar calor. Essa elevação da temperatura superficial estimula uma maior perfusão sanguínea e a ativação das glândulas sudoríparas, que, quando ampliadas, intensificam a produção de suor. Esse processo favorece a dissipação de calor por evaporação e convecção, contribuindo para a homeostase do animal (Mascarenhas et al., 2023). Dessa forma, os resultados apresentados confirmam que a avaliação de forma integrada desses parâmetros é um forte indicador da adaptação térmica de caprinos nativos.

A análise histológica dos rins revelou que não houve diferenças ($P > 0,05$) na quantidade de néfrons entre as raças. Entretanto, observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre as regiões anatômicas, sendo os néfrons corticais mais numerosos que os justamedulares em ambas as raças, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 5 - Comparação de médias entre as raças (canindé e moxotó) e locais (cortical e justamedular). Letras diferentes coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.



Fonte: Elaboração própria.

A análise histológica dos rins revelou que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no número de néfrons entre as raças Canindé e Moxotó. Em ambas, observou-se maior quantidade de néfrons na região cortical em comparação à região justamedular. A ausência de diferenças entre raças pode estar associada ao fato de ambas serem nativas e adaptadas a condições de clima quente, compartilhando mecanismos fisiológicos semelhantes. A adaptação renal de caprinos ao déficit hídrico está intimamente ligada à estrutura e função dos néfrons e das papilas renais (Silanikove, 2000; Urity et al., 2012).

Os néfrons corticais, mais numerosos, apresentam alças de Henle curtas e atuam na filtração do sangue e na formação inicial da urina. Já os néfrons justamedulares, embora menos abundantes, possuem alças longas e são fundamentais para a formação do gradiente osmótico e para a concentração da urina (Donald & Pannabecker, 2015; Robertshaw & Reece, 2017). Mesmo em menor proporção, os néfrons justamedulares são essenciais para a conservação hídrica, favorecendo a reabsorção de água e a manutenção da homeostase em ambientes áridos (Schmidt-Nielsen et al., 1956). Estudos prévios indicam que caprinos de regiões semiáridas apresentam maior proporção relativa desses néfrons em comparação a espécies de ambientes úmidos, uma adaptação semelhante à observada em mamíferos de deserto (Wisløff et al., 2003; Al-Tamimi et al., 2019). No presente estudo, contudo, não foram verificadas diferenças entre Canindé e Moxotó, sugerindo que ambas as raças compartilham adaptações renais típicas de caprinos do Semiárido.

5 CONCLUSÃO

As respostas fisiológicas e morfológicas, quando analisadas de forma integrada, revelam estratégias adaptativas complementares entre os genótipos, evidenciando que cada raça mobiliza mecanismos distintos para enfrentar o estresse térmico do semiárido.

A suplementação energética se consolida como moduladora importante da morfofisiologia tegumentar, fortalecendo processos de dissipação de calor e contribuindo para a manutenção da homeostase térmica.

As características renais observadas confirmam a especialização desses caprinos para ambientes com déficit hídrico, reforçando o papel dessas raças como modelos biológicos de alta resiliência climática.

REFERÊNCIAS

ABIOJA, M.O. et al. **Roles of candidate genes in the adaptation of goats to heat stress: A review.** *Small Rumin. Res.*, 218 (2023).
Doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106878

ALBUQUERQUE, M. et al. **Inventário de recursos genéticos animais da Embrapa.** 2016.

AL-RAMAMNEH, Diya. **Thermoregulation in Sheep and Goats: A Review.** *Asian Journal of Biology*, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 34–42, 2023. DOI: 10.9734/ajob/2023/v17i1315. Disponível em: <https://journalajob.com/index.php/AJOB/article/view/315>.

Al-Tamimi, H. J., Al-Eissa, M. S., Al-Essa, R. S., & Alhaidary, A. A. (2019). **Renal efficiency underlies adaptive heterothermy of heat-stressed hypohydrated goats.** *Tropical Animal Health and Production*, 51(6), 1401–1408.
<https://doi.org/10.1007/s11250-019-01948-5>

AMORIM, M. L. C. M. de. et al. **Variação sazonal na estrutura do pelame e na morfologia da pele de caprinos e ovinos em região semiárida.** 2016.

AMORIM, M. L. C. M. de. **Variação sazonal na estrutura do pelame e na morfologia da pele de caprinos e ovinos em região semiárida.** 2016.

AMORIM, Mikael Leal Cabral Menezes et al. **Coat and skin morphology of hair sheep breeds in an equatorial semi-arid environment.** *Journal of Thermal Biology*, v. 84, p. 103-110, 2019.

ARAÚJO, E. V. C. **Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros reprodutivo dos caprinos.** Orientador: Erick Fonseca de Castilho. 2022. 27 f. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2534>.

ARAUJO, Lorena Martins. **Influência do ambiente térmico sobre variáveis fisiológicas de termoregulação de novilhas leiteiras mestiças em recria a pasto.** 2017.

BABINGTON, S.; TILBROOK, A. J.; MALONEY, S. K.; FERNANDES, J. N.; CROWLEY, T. M.; DING, I.; FOX, A. H.; ZHANG, S.; KHO, E. A.; COZZOLINO, D.; MAHONY, T. J.; BLACHE, D. **Finding biomarkers of experience in animals.** *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 15, art. 28, 2024. DOI: 10.1186/s40104-023-00989-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00989-z>

BATISTA, N. L.; DE SOUZA, B. B. **Caprinovinocultura no semiárido brasileiro-fatores limitantes e ações de mitigação**. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 11, n. 1, p. 01-09, 2015.

BERIHULAY, Haile et al. **Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress**. Animals, v. 9, n. 3, p. 75, 2019.

BRANDÃO, R. M. **Caracterização dos sistemas de criação de caprinos e ovinos em propriedades da Ilha de São Luís-MA**. 2021.

brasileiro-fatores limitantes e ações de mitigação. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 11, n. 1, p. 01-09, 2015.

Buffington, D. E.; Collazo-Arocho, A.; Canton, H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W.; Collier, R. J. **Black globe-humidity index (bghi) as comfort equation for dairy cows**. Transactions of the asae, michigan, v. 24, n. 3, p. 711-714, may/june 1981.

COLVILLE, T.; BASSERT, J. M. **Anatomia e fisiologia clínica para medicina veterinária**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CUNNINGHAM, J. G.; KLEIN, B. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

DALTRO, A. M. et al. **Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras**. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020.

DANSO, F. et al. **Effects of heat stress on goat production and mitigating strategies: a review**. Animals, v. 14, n. 12, p. 1793, 2024.

DONALD, J. A.; & PANNABECKER, T. L. (2015). **The mammalian renal medulla: Structure and function**. *Comprehensive Physiology*, 5(1), 253–287.

ELOY, A. M. X. et al. **Criação de caprinos e ovinos**. 2007.

ELOY, A. M. X. et al. **Influência dos períodos seco e chuvoso sobre os parâmetros clínicos em caprinos das raças Canindé e Moxotó**. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v. 33, n. 4, p. 246–252, 2011.

FAÇANHA, D. A. E. et al. **Are locally adapted goats able to recover homeothermy, acid-base and electrolyte equilibrium in a semi-arid region?** Journal of Thermal Biology, v. 90, p. 102593, 2020.

FAÇANHA, D. A. E. et al. **Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical**. Revista brasileira de saúde e produção animal, v. 14, p. 91-103, 2013.

FAÇANHA, D. A. E. et al. **Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido**. 2010.

Gautam, VK, Singh, KN, Kumar, M., Singh, N., & Nimgaonkar, MS (2022). **Estudos Histológicos dos Rins da Cabra Barbari (*Capra hircus*)**. Ind J Vet Sci and Biotech. 18(4), 40-43.

GEBREMEDHIN, K. G. et al. **Methods, thermodynamic applications, and habitat implications of physical and spectral properties of hair and haircoats in cattle**. *Animals*, Basel, v. 13, n. 19, art. 3087, 2023. DOI: 10.3390/ani13193087.

GHEZZI, M. D. et al. **Utilization of infrared thermography in assessing thermal responses of farm animals under heat stress**. *Animals*, v. 14, n. 4, p. 616, 2024.

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

LEITE, J. H. G. M. et al. **Adaptive assessment of small ruminants in arid and semi-arid regions**. *Small Ruminant Research*, v. 203, p. 106497, 2021.

LIGEIRO, E. C. et al. **Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 544-549, 2006.

LIMA, A. R. C. et al. **Relationship between thermal environment, thermoregulatory responses and energy metabolism in goats: A comprehensive review**. *Journal of Thermal Biology*, v. 109, p. 103324, 2022.

LIMA, P. J. S. et al. **Gestão genética de raças caprinas nativas no estado da Paraíba**. *Archivos de zootecnia*, v. 56, n. Su1, p. 623-626, 2007.

LIMA, S. P. de. **Caracterização morfo-histológica de glândulas sudoríparas e sua associação com a evaporação cutânea em ovinos mestiços**. 2020.

LISBOA, A. C., et al. (2010). **Quantitative characteristics of the carcasses of Moxotó and Canindé goats fed diets with two different energy levels**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(7), 1565–1570. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700024>

LUCENA L. F. A. et al. 2013. **Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 17:672–679.

MASCARENHAS, N. M. H. et al. **Morphology of coat and skin of small ruminants reared in the Brazilian semi-arid region**. *Journal of Thermal Biology*, v. 112, p. 103418, 2023.

MCMANUS, C. et al. **Heat Tolerance in Brazilian Sheep: Physiological and Blood Parameters**. *Trop. Anim. Health Prod.* 2009, 41, 95–101.

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

MEDEIRO, J. O. C. **Características adaptativas de caprinos nativos do semiárido brasileiro**. 2022.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. Bioclimatologia animal. **Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 126p**, 1997.

MENEZES, M. P. C. et al. Diversity analysis and genetic relationships among local Brazilian goat breeds using SSR markers. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1842, 2020.

MIRANDA, J. R. et al. **Variáveis fisiológicas e desempenho produtivo como indicadores de estresse térmico em caprinos mestiços Boer em câmara climática**. Energia na Agricultura, v. 33, n. 3, p. 201-206, 2018.

NASCIMENTO, M. E. De. et al. **Influência das variáveis climáticas sobre parâmetros fisiológicos de cabras leiteiras em confinamento, no sertão paraibano**. Revista Principia, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 358–370, 2022. DOI: 10.18265/1517-0306a2021id4783. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/4783>. Acesso em: 9 jan. 2026.

OLIVEIRA, A. L. de. **Mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen**. 2007.

OTOIKHIAN C. S. O. et al. 2009. **Physiological response of local (West African Dwarf) and adapted Switzerland (White Bornu) goat breed to varied climatic conditions in South-South Nigeria**. Afr J Gen Agric. 5:1–6.

PERRUD BARCELOS, J. et al. **Absorção De Radiação Por Diferentes Padrões De Pelame De Ovelhas Mestiças**. E&S Engineering and Science, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1–12, 2024. DOI: 10.18607/ES20241318407.

PHULIA S. K. et al. 2010. **Alteration in surface body temperature and physiological responses in Sirohi goats during daytime in summer season**. Indian J Anim Sci. 80 (4):340–342.

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

REECE, O.W, DUKES - **Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2017.

RIBEIRO, N. L. et al. 2016. **Adaptive profile of Garfagnina goat breed assessed through physiological, haematological, biochemical and hormonal parameters**. Small Rumin Res. 144:236–241.

RIBEIRO, N. L. et al. 2018. **Effects of the dry and the rainy season on endocrine and physiologic profiles of goats in the Brazilian semi-arid region.** Ital J Anim Sci. 17:454–461. doi: 10.1080/1828051X.2017.1393320.

Robertshaw, D.; Reece, W. O. Dukes—Fisiologia dos Animais Domésticos. 2017.

SANTOS, J. D. C. **Termorregulação de caprinos criados em ambiente semiárido.** Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2024.

SEJIAN, V. et al. **Review: Adaptation of animals to heat stress.** Animal, v. 12, supl. 2, p. s431–s444, 2018. DOI: 10.1017/S1751731118001945. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>.

SHARMA AK, K. N. 2011. **Effects of extreme hot climate on liver and serum enzymes in Marwari goats.** Indian J Anim Sci. 81:293–295.

SILANIKOVE, N. **Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.** Livestock Production Science, v.67, n.1, p.118, 2000.

SILVA, E. M. N. et al. (2010). **Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento.** Revista caatinga, 23(2), 142-148.

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, 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, n. 4, p. e0407, 30 Dec. 2019.

SILVA, R.M. et al. **Estresse térmico e sua influência na fisiologia hormonal de pequenos ruminantes.** J. Anim. Behav. Biometeorol., v.4, p.50-54, 2016.

SINGH, U.B.; & SULOCHANA, S.A. (1997). **Handbook of Histological and Histochemical Technique.** Premier Publishing House, Hyderabad, India, pp. 8-57.

SOUZA, B. B. et al. **Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (Itgu) na avaliação da tolerância de caprinos ao calor - revisão integrativa.** Observatório de la economía latinoamericana, [S. L.], V. 22, N. 2, P. E3385, 2024. Doi: 10.55905/Oelv22n2-189.

SOUZA, B. B. et al. **Termorregulação em ruminantes.** Agropecuária Científica no Semiárido, v. 11, n. 2, p. 39-46, 2015.

SOUZA, C.F.S. et al. Citer II **Aplicativo para cálculo de índices do ambiente térmico para conforto animal.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.15, n.1, p.75-77, Jan./Mar., 2014.

SOUZA, P. T. de. et al. **Impacto do estresse térmico sobre a fisiologia, reprodução e produção de caprinos**. Ciência Rural, v. 42, p. 1888-1895, 2012.

URITY, V. B. et al. (2012). **Adaptations of goats to water restriction in semiarid regions: A review**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3), 665–672.

VIANA, M. P. et al. **Efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia, produção e reprodução de caprinos**. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 9, n. 4, p. 01-08, 2013.

WISLOFF, H. Flåøyen, A. Ottesen, N. Hovig, T. Narthecium ossifragum (L.) Huds. **Causes Kidney Damage in Goats: Morphologic and Functional Effects**. *Veterinary Pathology*. 2003;40(3):317-327. doi:[10.1354/vp.40-3-317](https://doi.org/10.1354/vp.40-3-317)

ZANELLA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino**. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.