

UNIVERSIDADE SANTO AMARO
Curso de Medicina Veterinária

Luana Aparecida Gomes Setubal

**Termografia infravermelha como potencial indicador de
reatividade em bovinos Caracu**

São Paulo

2025

Luana Aparecida Gomes Setubal

Termografia infravermelha como potencial indicador de reatividade em bovinos Caracu

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Medicina Veterinária da Universidade de Santo Amaro – UNISA como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: Prof.^a Dra. Andrea Roberto Bueno Ribeiro

Co-orientador: Prof.^o Dr. Rogério Ribeiro Vicentini

São Paulo

2025



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças e discernimento para concluir meus objetivos, sempre estando ao meu lado me guiando e iluminando meus caminhos.

Agradeço minha mãe Rosangela e ao meu pai Marcos pelo apoio incentivo me dando conselhos, sendo fundamentais para que eu chegasse até aqui, me proporcionando o privilégio de estudar e concluir meu tão sonhado curso, pela educação, caráter, carinho, amor, moldando a mulher que sou hoje. Agradeço a melhor amiga que Deus poderia me dar, minha irmã Fernanda mesmo de longe nunca me deixou desistir me aconselhando sempre ao meu lado sendo meu suporte nos piores momentos dessa trajetória.

Agradeço de coração à minha orientadora, Professora Andrea, por nunca ter desistido de mim. Sua dedicação, paciência e força foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Você foi mais do que uma orientadora — foi minha “mãe da vet”, meu suporte nos momentos difíceis, meu exemplo de profissional e ser humano. O carinho e a admiração que tenho por você são imensos. Obrigada por todos os ensinamentos, pelos conselhos sinceros e até pelos puxões de orelha, sempre feitos com cuidado. Sou imensamente grata pela confiança que depositou em mim. Se eu for metade da profissional e da pessoa que você é, já estarei realizada. Sem dúvidas, você foi uma das melhores coisas que me aconteceram nesses cinco anos de graduação. Obrigada por tudo o que fez (e ainda faz) por mim. E não se preocupe, não vou sumir! Ainda vamos dividir muitas matérias e histórias juntas!

Agradeço também ao meu professor Filipe por ter se tornado um amigo nesse período, por todo carinho e simpatia comigo.

Agradeço ao meu orientador e orientadora, Rogério Vicentini e Lenira El Faro, pelo apoio, paciência e dedicação em cada etapa do meu aprendizado no Instituto de Zootecnia. Suas orientações foram essenciais não apenas para meu crescimento acadêmico, mas também para minha formação profissional e pessoal. Estendo meus agradecimentos às pesquisadoras, mestrandos, doutorandos e pós-doutorandos que, com generosidade e companheirismo, compartilharam seus conhecimentos e experiências, sempre dispostos a ensinar e orientar nos momentos de dúvida. A convivência com todos foi fundamental para enriquecer minha trajetória, fortalecendo meu desejo de seguir na pesquisa e contribuir para a ciência.

Agradeço a minha amiga Mariana Yumi por ser tão importantes na minha vida estando comigo em todos os momentos desta trajetória, independente das dificuldades estando ao meu lado me ajudando e me apoiando, me aconselhando e claro sendo um dos meus alicerces, conseguimos amiga!

E para finalizar agradeço meus amigos da fazendinha e aos amigos que a fazendinha me proporcionou encontrar seu Jorge, Allan, Ricardo, João Carlos, Victor Hugo, Rafael, Jonathan, Ana, Manuela e Natã mesmo muitos já estarem seguindo seu caminho, foram pessoas de extrema importância na minha graduação. Me aconselhando, me ensinando, me proporcionando muitos momentos de alegria. Tornando a fazendinha minha segunda casa.

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico pelo financiamento do Projeto (Processo CNPq 402.491/2023-8) e pela bolsa de Iniciação Científica concedida durante o desenvolvimento do projeto.

S522t

Setubal, Luana Aparecida Gomes

Termografia infravermelha como potencial indicador de reatividade de bovinos Caracu / Luana Aparecida Gomes Setubal. - São Paulo, 2025.

28 p. : il; color.

Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Santo Amaro, 2025.

Orientadora: Prof.^a Dra. Andrea Roberto Bueno Ribeiro.

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Ribeiro Vicentini.

Bibliografia incluída

1. Bem-estar animal. 2. Comportamento animal. 3. Estresse emocional. I. Ribeiro, Andrea Roberto Bueno. II. Vicentini, Rogério Ribeiro. III. Universidade Santo Amaro. IV. Título.

CDD 636.089

Elaborado pela Bibliotecária Andréia Alessandra Alves CRB8/7588

“Dedico este trabalho aos meus pais, que sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra, para realização de um sonho que é ser medica veterinária.”

Reze e trabalhe, fazendo de conta que esta vida é um dia de capina com sol quente, que às vezes custa muito a passar, mas que sempre passa. E você ainda pode ter um muito pedaço bom de alegria...Cada um tem a sua hora e a sua vez: você há de ter a sua.

- Guimarães Rosa

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a termografia infravermelha (TIV) como potencial indicador de estresse emocional em machos da raça Caracu, relacionando alterações de temperatura corporal com a reatividade dos animais. Foram utilizados 47 machos (~7 meses de idade) participantes da prova de ganho de peso do Centro Avançado de Pesquisa de Bovinos de Corte, do Instituto de Zootecnia (CAPBC-IZ; Sertãozinho, SP). Durante o manejo, os animais foram contidos no tronco para avaliação comportamental por meio do Escore Composto de Reatividade (ECR): Movimentação (MOV), Tensão (TEN), Respiração (RESP) e Escore de Tronco (EST). Em seguida, foram registradas imagens termográficas (TIV) das regiões da face (orelha, focinho e olho) e ocular (globo ocular e canal lacrimal). Por fim, foi mensurado o Tempo de Saída (TS) dos animais. MOV correlacionou-se com TEN, RESP e EST; e TEN com RESP, EST e TS, indicando que animais mais reativos exibiram padrões comportamentais consistentes. As variáveis comportamentais também se relacionaram com as temperaturas medidas por TIV: maiores escores de MOV e EST foram associados a temperaturas mais altas na orelha, enquanto escores elevados de TEN foram ligados a temperaturas mais baixas no focinho. TS correlacionou-se negativamente com TEN, RESP e EST, sugerindo que animais menos reativos saíram mais lentamente do tronco. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) influenciou significativamente as temperaturas corporais, evidenciando a interação entre ambiente e medidas termográficas. Conclui-se que a TIV é uma ferramenta eficaz e não invasiva para monitorar alterações fisiológicas associadas ao estresse emocional em bovinos de corte.

Palavras-chave: bem-estar animal, comportamento animal, estresse emocional, taurino adaptado, zootecnia de precisão

ABSTRACT

This study aimed to evaluate infrared thermography as a potential indicator of emotional stress in Caracu beef steers by relating body temperature changes to animal reactivity. Forty-seven Caracu steers (~7 months old) from the Weight Gain Test at the Advanced Center for Beef Cattle Research of the Institute of Animal Science (CAPBC-IZ; Sertãozinho, SP) were used. Behavioral assessments were conducted during restraint in a chute using the Composite Reactivity Score (CRS), which included Movement (MOV), Tension (TEN), Respiration (RESP), and Chute Score (EST). Thermographic images (IRT) were then captured from facial (ear, muzzle, eye) and ocular (eyeball, lacrimal canal) regions, followed by recording the Exit Time (TS) from the chute. MOV was positively correlated with TEN, RESP, and EST, while TEN was correlated with RESP, EST, and TS, indicating consistent behavioral patterns in more reactive steers. Behavioral variables were also correlated with IRT-measured temperatures: higher MOV and EST scores were associated to increased ear temperatures, whereas higher TEN scores were associated with lower muzzle temperatures. TS was negatively correlated with TEN, RESP, and EST, suggesting that less reactive steers exited the chute slower. The Temperature-Humidity Index (THI) significantly influenced body surface temperatures, reinforcing the interaction between environmental conditions and thermography records. These findings indicated that IRT is an effective, non-invasive tool for detecting physiological changes related to emotional stress in Caracu steers.

Keywords: animal behavior, animal welfare, emotional stress, livestock precision, adapted taurine.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1. Escore Composto de Reatividade	16
Figura 1. Imagem termográfica e desenhos de regiões a serem analisadas	18
Figura 2. Variáveis Meteorológicas realizadas no dia da coleta.....	19
Tabela 2. Médidas de Escore Composto de Reatividade e Tempo de Saída.....	20
Tabela 3. Médidas observadas para temperatura corporal de novilhos Caracu	20
Figura 3. Distribuição dos Escore Composto de Reatividade.....	21
Figura 4. Correlações entre o Escore Composto de Reatividade e Temperaturas	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Avaliação da reatividade no tronco de contenção.....	16
3.2 Monitoramento da temperatura corporal durante a contenção no tronco	17
3.3 Análises estatísticas	18
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

As raças bovinas brasileiras, caracterizadas pela rusticidade, adaptabilidade e resistência, provém de um longo processo de seleção natural. Na década de 70, o Instituto de Zootécnia de Sertãozinho foi responsável pelo programa de conservação da raça Caracu (*Bos taurus taurus*) que na época corria risco de extinção. A instituição, visando processo de melhoramento genético, buscou exemplares no Paraná e Minas Gerais, que resultou na primeira raça a ser reconhecida pelo Ministério da Agricultura (MAPA) no ano de 1983, considerada uma raça de dupla aptidão (Embrapa, 2019). As raças naturalizadas brasileiras descendem de animais europeus que foram introduzidos pelos colonizadores, sendo obrigados a se adaptarem ao clima e manejo diferentes. Ao longo do processo, houve cruzamentos com outras raças, adquirindo características fenotípicas e fisiológicas específicas (Pires et al., 2014). O Caracu e o Mocho Nacional são consideradas raças nativas melhoradas, descendendo de raças aquitânicas e ibéricas originárias do *Bos taurus primigenius* (Lara et al., 1997). Embora sejam adaptados aos sistemas de produção tropical, estão sujeitos a desafios, especialmente no que diz respeito às práticas de manejo, fator de estresse que pode afetar tanto o desempenho quanto o bem-estar dos animais (Rodrigues et al., 2024).

O estresse pode ser definido como “efeito de todos os fatores abióticos e bióticos (estressores) que podem alterar a saúde psicológica, fisiológica e/ou física do organismo” (Von Borell, 2001; Romero et al., 2004; Wahl et al., 2011; Hing et al., 2016). Os animais podem ser afetados pelo estresse de diferentes maneiras, mas existem dois principais tipos:

estresse de efeito positivo (e.g. eventos reprodutivos, migratórios), denominado eustresse, e o estresse de efeito negativo (e.g. problemas de bem-estar, questões de saúde), distresse (Villalba e Manteca, 2019; Rudland et al., 2020; Ghassemi Nejad et al., 2022). Em termos gerais, a resposta ao estresse pode ser considerada uma adaptação evolutiva primária para maximizar a aptidão diante de desafios ambientais, resultando em um conjunto de alterações fisiológicas e comportamentais desencadeadas pelo aumento da ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) (Romero e Wingfield, 2015; Jerem e Romero, 2023). Em bovinos de corte, um dos principais fatores de estresse (distresse) é o acarretado pelo manejo no curral em especial, no tronco de contenção (McDougall et al., 2006).

No geral, em animais endotérmicos, aqueles que produzem o calor internamente, no momento do estresse agudo ocorre aumento da frequência cardíaca e temperatura corporal. Este fenômeno, é chamado de “hipertermia induzida por estresse” todo esse mecanismo é controlado pelo SAM (simpática-adrenal-medular) (Romero e Wingfield, 2015; Jerem e Romero, 2023). Durante o estresse agudo, ocorre liberação de hormônios como as catecolaminas, responsáveis pelo aumento da temperatura corporal central que é gerado pela combinação de aumento da produção de calor metabólico associado a maior frequência cardíaca que resulta na vasoconstrição (Jerem et al., 2023).

O diestresse, tem um efeito negativo nos animais como a perda de peso, pois animais mais reativos ganham menos peso e apresentam uma produção menor de leite além de problemas reprodutivos e maior suscetibilidade em contrair doenças (Villalba e Manteca, 2019; Ghassemi Nejad et al., 2022).

Bovinos são animais de rotina, e mudanças no manejo representam importante fator de estresse. Freitas (2023) avaliou a reatividade de animais Nelore, Caracu e Guzerá, em um curral conhecido e outro desconhecido aos animais, concluindo que estes apresentaram maior reatividade na primeira condição. Assim, foi observado que a reatividade dos animais em ambientes novos é um fator de estresse, sugerindo então que mudanças abruptas afetam o comportamento destes durante os manejos nos currais. Adicionalmente, durante eventos estressores, foi observado que os animais da raça Caracu apresentaram maiores níveis de cortisol em comparação com os zebuínos, mostrando maiores níveis de desconforto no momento da contenção (Freitas et al., 2023; Mobiglia et al., 2014).

Temperamento é definido como as respostas comportamentais dos animais a diferentes situações consistentes ao longo do tempo (Reále et al., 2007). Sendo esta uma característica multifacetada, que engloba diversas dimensões, tais como 'agressividade', 'atividade', 'exploração', 'ousadia', 'reatividade' e 'sociabilidade' (Paranhos da Costa et al.,

2002; McDougall et al., 2006; Reále et al., 2007). A reatividade animal é uma das medidas de temperamento, que pode estar relacionada ao desempenho e à qualidade dos produtos de origem animal (Grandin, 1980; Curley et al., 2004; Lancaster et al., 2005). Animais com temperamento mais reativo podem ficar agitados e mais estressados e, conseqüentemente, terão maior propensão de se machucar durante o manejo rotineiro da fazenda, como pesagens, controle sanitário e reprodução (Grandin e Deesing, 1998). Além disso, animais mais reativos podem apresentar qualidade de carne inferior a animais mais calmos (King et al., 2006). Logo, bovinos menos reativos geram menos riscos aos funcionários, são mais fáceis de manejar, possuem maior produtividade, e produtos que atendem mercados mais exigentes em relação ao bem-estar animal e segurança alimentar (Pereira e Lopes, 2006; Paranhos da Costa, 2007).

Diversos métodos, tanto objetivos quanto subjetivos, têm sido propostos para a avaliação da reatividade. O teste de velocidade de fuga é uma das medidas mais conhecidas e utilizadas para a avaliação da reatividade de bovinos de corte, validado em diversas situações de manejo e entre diferentes raças bovinas (Burrow, 1997; Curley Jr. et al., 2006; Müller e Von Keyserlingk, 2006; Cafe et al., 2011a). Este teste mede a velocidade com que o animal sai do brete de contenção ou da balança em direção a um espaço aberto; animais que apresentam menor velocidade são considerados mais calmos (Burrow et al., 1988; Burrow e Corbet, 2000). Outro método utilizado para avaliar a reatividade de bovinos é a atribuição de notas com base na reação dos bovinos durante uma situação de manejo específica (Tulloh, 1961). Na literatura, encontram-se escalas variando de 3 a 7 níveis, com os valores extremos representando os animais mais calmos ou mais excitáveis (Fordyce et al., 1982; Grandin, 1993). Entre os escores visuais, o mais comumente utilizado em pesquisas consiste na avaliação do grau de perturbação do animal quando contido no brete ou balança. Nessa metodologia, são aplicados escores para a intensidade e frequência de movimentação, respiração, coices e tentativas de abaixar-se e deitar-se (Fordyce et al., 1982; Valente et al., 2007).

Além das alterações comportamentais durante o manejo, como na contenção, há alterações fisiológicas que podem ser indicativas de estresse dos animais (Jerem e Romero, 2023). Nesse contexto, a termografia infravermelha (TIV) emergiu como uma ferramenta não invasiva para o estudo do estresse em animais domésticos. Entre outras respostas, o estresse leva a uma alteração no fluxo sanguíneo que é direcionado para os órgãos-vitais, resultando em um aumento na temperatura central e resfriamento das áreas corporais periféricas que pode ser identificado pela TIV (McCafferty et al., 2021; Jerem; Romero, 2023). A termografia infravermelha possibilita o monitoramento contínuo do estado

fisiológico dos animais sem a necessidade de contato físico, reduzindo o risco de induzir estresse adicional (Stewart et al., 2007). Estudos demonstram que a termografia infravermelha pode identificar precocemente sinais de estresse, permitindo intervenções rápidas e precisas (Ludwig et al., 2007; Stewart et al., 2007; Stubsjøen et al., 2009; Riemeret al., 2016).

Desta maneira, o uso da termografia infravermelha no manejo de bovinos representa um avanço significativo na pecuária moderna, fornecendo dados valiosos que podem ser utilizados para melhorar o bem-estar e a produtividade dos animais. Ao integrar esta tecnologia com práticas de manejo que considerem o temperamento e as respostas ao estresse dos bovinos, é possível desenvolver um sistema de produção mais eficiente e sustentável. A combinação de conhecimento sobre manejo, reatividade, estresse e tecnologias avançadas como a termografia infravermelha se apresenta como uma abordagem holística para otimizar a produção pecuária, promovendo ao mesmo tempo a eficiência produtiva e o bem-estar dos animais (Ludwig et al., 2007; Stewart et al., 2007; Stubsjøen et al., 2009; Riemeret al., 2016).

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar a termografia infravermelha como um potencial indicador de reatividade em novilhos da raça Caracu, relacionado a alteração de temperatura corporal com a reatividade dos animais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado (CEUA/IZ: 413-2024) e executado no Centro Avançado de Pesquisas de Bovinos de Corte do Instituto de Zootecnia (CAPBC-IZ), localizado na cidade de Sertãozinho (21°9'30.8"S, 48°5'28.37"W), na região Nordeste do estado de São Paulo. As temperaturas mínimas e máximas, bem como os valores de umidade relativa (UR) do ar, foram coletados *in loco* por data logger (AK 174, Akso®, São Leopoldo, Brasil), durante o período de registro termográfico. A partir desses dados, foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU), também conhecido como índice de conforto térmico, utilizando a fórmula proposta por Thom (1959):

$ITU = \{0,8 \times T + (\%UR/100) \times (T-14,4) + 46,4$, em que T é a Temperatura (°C) e %UR, a umidade relativa, em porcentagem.

O estudo realizado em julho de 2023, utilizando 47 machos desmamados da raça Caracu (idade ao desmame ~ 7 meses) que foram mantidos durante a Prova de Ganho de Peso (PGP – IZ) em piquete coletivo (1500 m²), com chão de terra batida, e área coberta

na região do cocho. O piquete é equipado com doze comedouros e quatro bebedouros automáticos (WD-1000 Master, Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil). Os animais possuíam brinco de identificação eletrônica para reconhecimento individual no cocho eletrônico que registrava o consumo. A dieta era fornecida duas vezes ao dia (8h e 15h) e os novilhos possuíam acesso *ad libitum* a água e sal mineral.

3.1 Avaliação da reatividade no tronco de contenção

A reatividade foi avaliada uma vez, por um observador treinado, no início da Prova de Ganho de Peso, durante a passagem dos animais no tronco de contenção, sem compressão, utilizando o escore composto de reatividade (ECR), adaptado de Valente et al. (2017). O Escore Composto de Reatividade (ECR) foi atribuído com base em sete categorias comportamentais observadas durante 30 segundos de contenção no tronco. A movimentação foi pontuada de 1 (nenhum deslocamento) a 5 (saltos com elevação dos membros anteriores), considerando a frequência e intensidade dos movimentos. A posição corporal foi classificada como 1 (em pé), 2 (ajoelhado) ou 3 (deitado). A respiração foi avaliada como normal e ritmada (1) ou irregular, com bufos ou sopros (2). Também foram registradas a presença ou ausência de coices (1 ou 2) e vocalizações (1 ou 2). O grau de tensão variou de 1 (relaxado, sem movimentos bruscos ou membrana esclerótica visível) a 4 (muito tenso, com paralisia e tremores musculares). O escore de tronco foi pontuado de 1 (animal calmo, com cabeça, orelhas e cauda relaxadas) a 5 (resposta extrema, com congelamento, olhos brancos visíveis e/ou movimentos corporais vigorosos). Esses escores foram utilizados para compor o ECR individual. Além disso, foi aplicado o teste de tempo de saída (TS), descrito por Burrow (1997), medindo o tempo, em segundos, que o animal levou para percorrer cerca de dois metros após sair do tronco de contenção, com auxílio de cronômetros.

Tabela 1. Escore Composto de reatividade avaliado durante o manejo em brete de contenção.

Categoria	Escore	Descrição
Movimentação	1	Nenhum deslocamento.
	2	Pouco deslocamento, parado em mais da metade do tempo de observação.
	3	Deslocamentos frequentes, mas pouco vigorosos (metade do tempo de observação ou mais).
	4	Deslocamentos frequentes, vigorosos (metade do tempo de observação ou mais).
	5	Animal salta, elevando os membros superiores pelo menos 2,5 cm do solo.
Posição Corporal	1	Em pé.
	2	Ajoelhado.

	3	Deitado.
Respiração	1	Respiração normal e ritmada.
	2	Bufando ou soprando, de forma não ritmada.
Coice	1	Deu coice.
	2	Não deu coice.
Vocalização	1	Vocalizou.
	2	Não vocalizou.
Tensão	1	Relaxado, quando o animal apresenta tônus muscular regular, sem movimentos bruscos de cauda e/ ou cabeça e pescoço, sem membrana esclerótica aparente no olho.
	2	Alerta, quando o animal apresenta movimentos bruscos
	3	Tenso, quando o animal apresentava movimentos bruscos e contínuos.
	4	Muito tenso, animal paralisado e apresentando tremor muscular.
Escore de tronco	1	Não oferece resistência e permanece com cabeça, orelhas e cauda relaxadas.
	2	Apresenta algum movimento, com cabeça e orelhas levantadas.
	3	Apresenta movimentos frequentes, mas não vigorosos, incluindo movimentos de cabeça, orelhas e cauda, e a esclera (olho branco) pode ser visível.
	4	Oferece grande resistência, movimentos bruscos e vigorosos de todo o corpo incluindo cabeça, orelha e cauda, olhos brancos visíveis, respiração audível, podendo pular ou cair.
	5	Oferece ou não grande resistência, olhos brancos visíveis e reação de “congelamento”.

3.2 Monitoramento da temperatura corporal durante a contenção no tronco

As temperaturas superficiais das regiões corporais dos animais foram mensuradas por meio de imagem termográfica, utilizando uma câmera termográfica comercial (FLIR T420 bx, FLIR Systems Inc., Santa Barbara, EUA). Para o estudo, as coletas das imagens termográficas foram realizadas logo após o animal ser contido e avaliado o ECR. As imagens foram registradas e as leituras dos termogramas foram tomadas nas regiões do olho (A), focinho (B), orelha (C), conforme demonstrado na Figura 1.

Foi utilizado o padrão de distância de 50 cm entre o animal e a câmera para as três regiões mensuradas. O valor de emissividade foi ajustado (0.98 ϵ), assim como a resolução calibrada à temperatura ambiente e umidade, de acordo com a recomendação do fabricante. O Software ReseacherIR 4 (FLIR Systems Inc., Santa Barbara, EUA) foi usado para calcular os valores mínimo, máximo, temperaturas médias e desvios-padrão para cada campo de medição. Para cada foto foram traçados campos de medição na região de interesse, utilizando o recurso “Bendable Line” do software, segundo a metodologia de Vicentini et al. (2020).

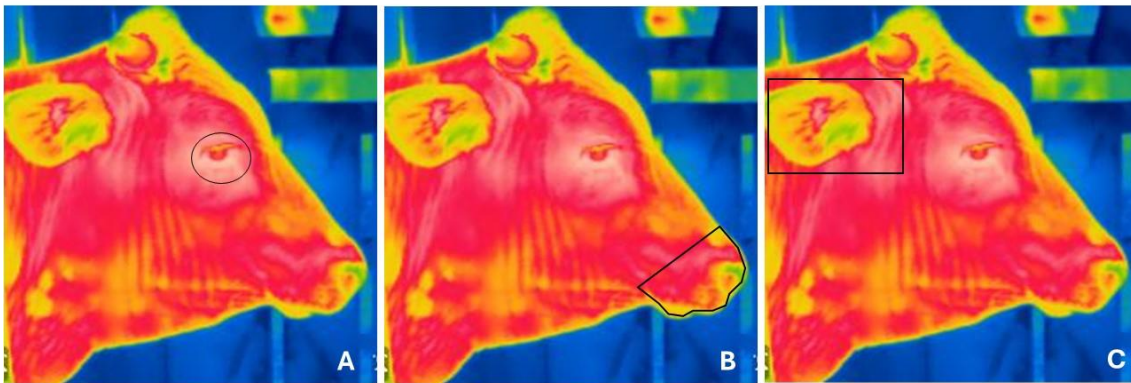


Figura 1. Imagens termográficas e desenhos de regiões específicas a serem analisadas quanto à temperatura novilhos Caracu durante o manejo de contenção.

3.3 Análises estatísticas

A análise estatística descritiva e as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAS® versão 9.3 (SAS® Institute, North Carolina, Estados Unidos). O procedimento CORR do SAS® foi utilizado para calcular as correlações entre as temperaturas corporais superficiais (°C) obtidas por termografia infravermelha (TIV) e os escores de reatividade: 'Movimentação' (MOV: 1 a 5), 'Posição corporal' (PC: 1 a 3), 'Respiração' (RESP: 1 e 2), 'Coice' (COI: 1 e 2), 'Vocalização' (VOC: 1 e 2), 'Tensão' (TEN: 1 a 4) e 'Escore de tronco' (EST: 1 a 5). As análises de variância foram realizadas utilizando o procedimento GLM do SAS®. As variáveis dependentes analisadas foram as temperaturas corporais superficiais (°C) das diferentes regiões do corpo (olho, focinho, orelha). Os efeitos das classes 'Movimentação' ('MOV': 1, 2, 3, 4 e 5), 'Posição corporal' ('PC': 1, 2 e 3), 'Respiração' ('RESP': 1 e 2), 'Coice' ('COI': 1 e 2), 'Vocalização' ('VOC': 1 e 2), 'Tensão' ('TEN': 1, 2, 3 e 4) e 'Escore de tronco' ('EST': 1, 2, 3, 4 e 5) foram incluídos nos modelos como efeitos fixos. O efeito do índice temperatura-umidade (ITU) e peso (Kg) foram incluídos como covariáveis (regressão linear). O modelo geral de análise foi:

$$y_{ijk} = \mu + MOV_j + PC_k + RESP_l + COI_m + VOC_n + TEN_o + EST_p + a(ITU - \overline{ITU}) + a(Kg - \overline{Kg}) + e_{ijklmnop}, \quad (1)$$

Para todas as análises, foi considerado o nível de significância $P \leq 0,05$, e tendência à significância quando $P > 0,05$ e $P \leq 0,10$.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A coleta de dados durou cerca de 80 minutos, com o primeiro registro realizado às 08:07 e o último às 09:27. Neste período, as médias de umidade, ITU e temperatura foram 88,43%, 67,25 e 19,94°C, respectivamente (figura 2). As médias observadas para as características mensuradas, tanto comportamentais quanto as de temperaturas corporais são apresentadas na Tabela 2 e Tabela 3.

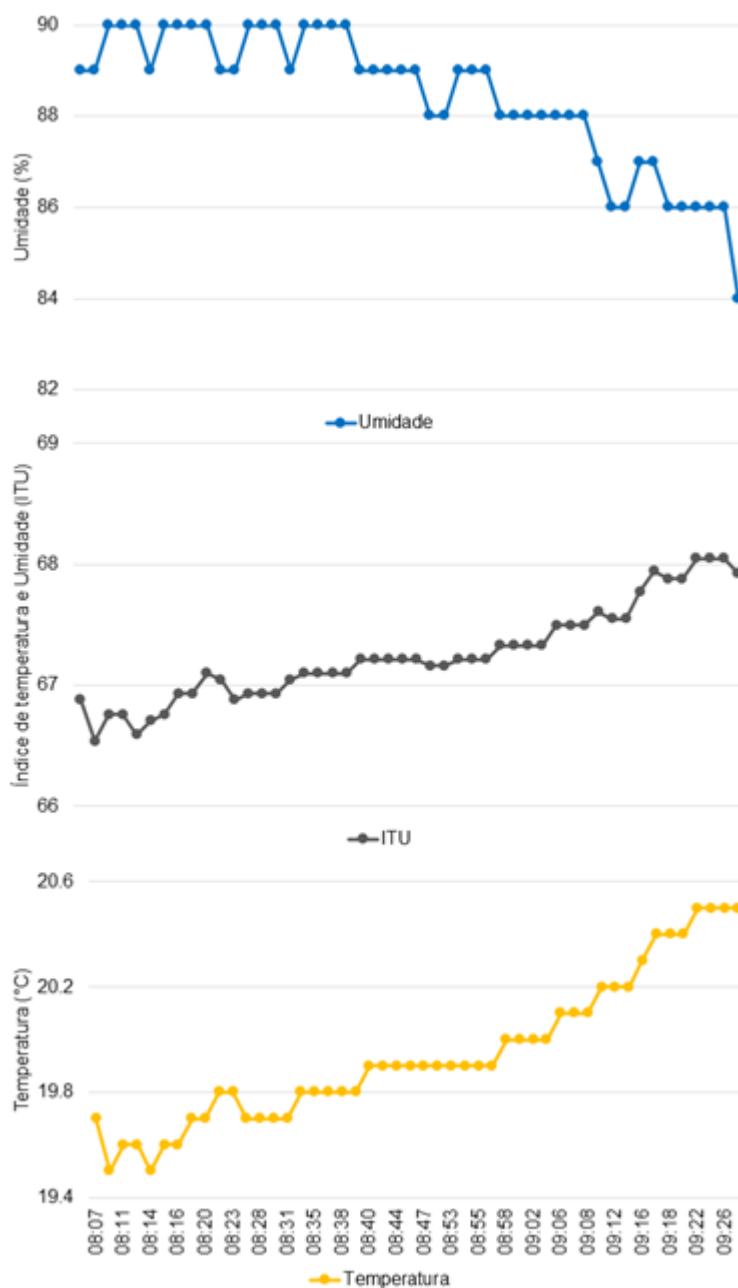


Figura 2. Variáveis meteorológicas observadas no dia da coleta, umidade; ITU e Temperatura.

Tabela 2. Médias observadas para as categorias do Escore Composto de Reatividade e Tempo de Saída de novilhos Caracu avaliados durante o manejo em brete de contenção.

	Média	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Movimentação (1 a 4)	1,65 ± 0,81	1	4
Posição corporal (1 a 3)	1,0 ± 0	1	1
Respiração (1 a 2)	1,18 ± 0,39	1	2
Coice (1 a 2)	1,0 ± 0	1	1
Vocalização (1 a 2)	1,0 ± 0	1	1
Tensão (1 a 4)	2,0 ± 0,75	1	4
Escore de tronco (1 a 5)	2,39 ± 0,76	1	4
Tempo de saída (segundos)	2,04 ± 0,93	0,54	3,96

Tabela 3. Médias observadas para as temperaturas corporais de novilhos Caracu avaliados durante o manejo em brete de contenção.

	Região corporal	Média (°C)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Olho	OLH (máx.)	38,19 ± 0,71	36,3	39,4
	OLH (méd.)	35,48 ± 0,72	34,0	36,6
	OLH (mín.)	30,31 ± 1,96	26,5	38,6
	GLO (máx.)	38,04 ± 0,75	35,5	39,3
	GLO (méd.)	35,25 ± 0,73	33,3	36,8
	GLO (mín.)	32,99 ± 1,51	28,4	35,9
	CLA (máx.)	38,14 ± 1,02	35,2	39,8
	CLA (méd.)	36,19 ± 1,51	28,4	35,9
	CLA (mín.)	33,57 ± 1,57	30,1	36,3
Focinho	FOC (máx.)	35,36 ± 1,07	32,0	36,6
	FOC (méd.)	31,83 ± 2,04	27,1	34,2
	FOC (mín.)	23,86 ± 2,39	20,5	29,4
Orelha	ORE (máx.)	36,45 ± 1,12	34,4	39,4
	ORE (méd.)	30,54 ± 1,76	26,7	33,5
	ORE (mín.)	23,94 ± 1,83	20,8	27,1

OLH: região ocular inteira; GLO: região do globo ocular; CLA: região do canal lacrimal; FOC: região do focinho; ORE: região da orelha; máx.: temperatura máxima; méd.: temperatura média; mín.: temperatura mínima.

De maneira geral, os animais apresentaram escores indicativos de comportamento menos reativo. A Figura 2 apresenta a distribuição do número de animais por escore, para as categorias do Escore Composto de reatividade.

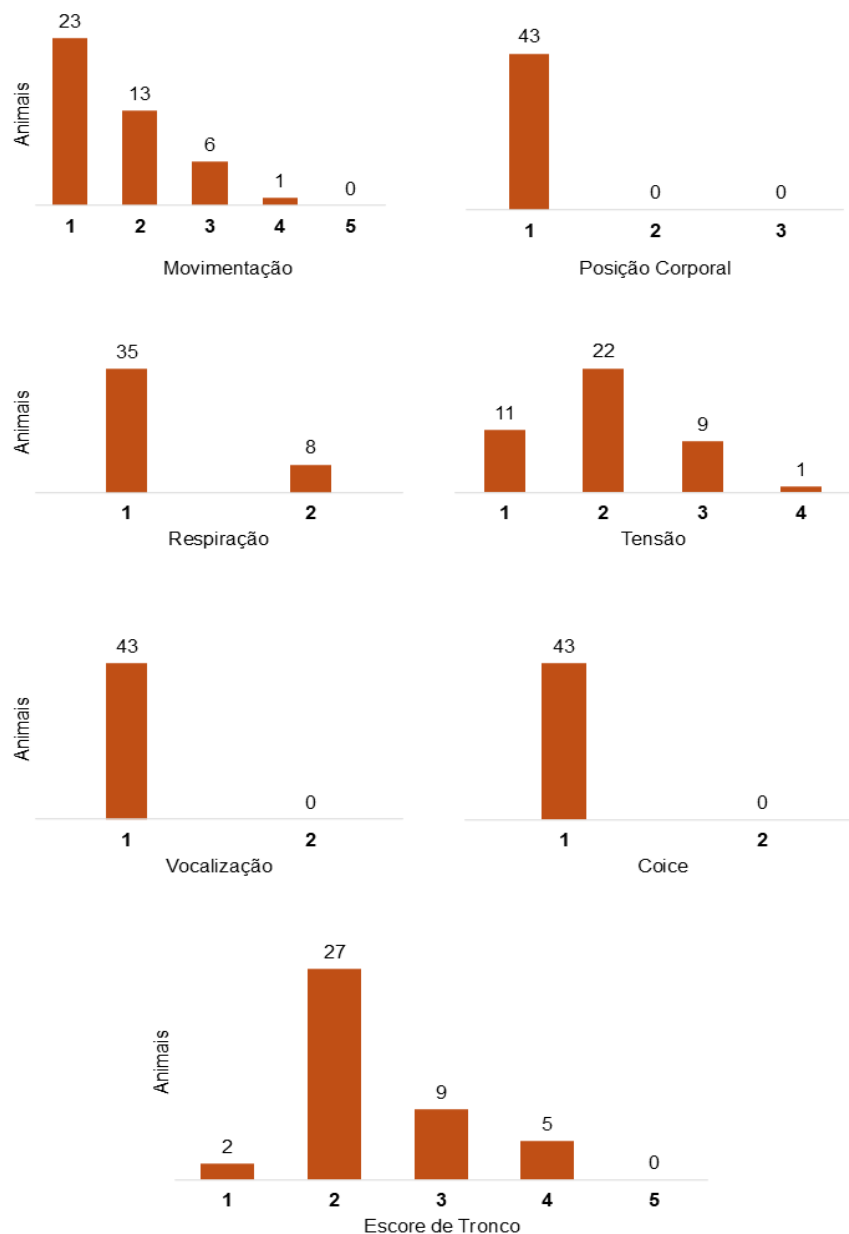


Figura 3. Distribuição dos escores para as categorias do Escore Composto de reatividade de novilhos Caracu avaliados durante o manejo em brete de contenção.

Os novilhos da raça Caracu apresentaram escores compatíveis com menor reatividade, com baixa incidência de vocalizações, coices ou movimentos bruscos durante a contenção. O tempo reduzido de coleta (1,7 min/animal) pode ter favorecido a captação de respostas relacionadas ao estresse agudo. Embora o tempo de espera no corredor não tenha sido registrado individualmente, essa etapa pode ter intensificado a resposta ao manejo. Os animais avaliados pertencem a sistemas semi-intensivos, nos quais práticas de manejo são frequentes. Nesses sistemas, indivíduos excessivamente reativos tendem a ser descartados precocemente por representarem risco à segurança e aumentarem os custos operacionais, o que pode levar a uma seleção indireta para menor reatividade e favorecer a

predominância de comportamentos mais calmos na população (Grandin e Deesing, 1998). Ainda assim, foi possível observar variações nas respostas à contenção, indicando diferenças individuais frente ao estresse, mesmo em um grupo majoritariamente tranquilo. Isso reforça a importância de abordagens individualizadas e do uso de múltiplos indicadores na avaliação do bem-estar animal (Frederich et al., 2015; Freitas et al., 2023).

Os testes de correlação revelaram relações entre as variáveis comportamentais medidas. A 'Movimentação' foi correlacionada com os escores das categorias de 'Tensão' ($r = 0,58$; $P = <0,0001$), 'Respiração' ($r = 0,51$; $P = 0,0006$) e 'Escore de tronco' ($r = 0,69$; $P = <0,0001$). De maneira similar 'Tensão' foi correlacionada com as categorias de 'Respiração' ($r = 0,56$; $P = <0,0001$), 'Escore de tronco' ($r = 0,79$; $P = <0,0001$) e 'Tempo de Saída' ($r = -0,34$; $P = 0,02$). Adicionalmente, as categorias de 'Respiração' e 'Escore de tronco' também foram correlacionadas ($r = 0,62$; $P = <0,0001$). Tendências a significância ($P \leq 0,10$) foram observadas entre as categorias de 'Tempo de Saída' com 'Respiração' ($r = -0,26$; $P = 0,09$) e 'Escore de tronco' ($r = -0,29$; $P = 0,06$). As correlações entre as medidas do escore composto de reatividade evidenciam, como o esperado, que animais mais reativos apresentam um padrão de comportamento condizente com as maiores notas no escore (Valente et al., 2017). Logo, animais que pontuam notas mais altas em uma categoria, pontuam notas mais altas em outras também.

Correlações positivas foram obtidas entre a 'Movimentação' e a 'temperatura máxima da orelha' ($r = 0,43$; $P = 0,007$), e entre o 'Escore de tronco' e 'temperatura máxima da orelha' ($r = 0,34$; $P = 0,04$), indicando que animais com maiores escores apresentaram temperaturas mais altas nessa região. A categoria 'Tensão' apresentou correlação negativa com todas as medidas do focinho: 'temperatura média' ($r = -0,36$; $P = 0,01$), 'máxima' ($r = -0,30$; $P = 0,04$) e 'mínima' ($r = -0,33$; $P = 0,03$), sugerindo que animais mais tensos apresentaram menores temperaturas no focinho (Figura 2).

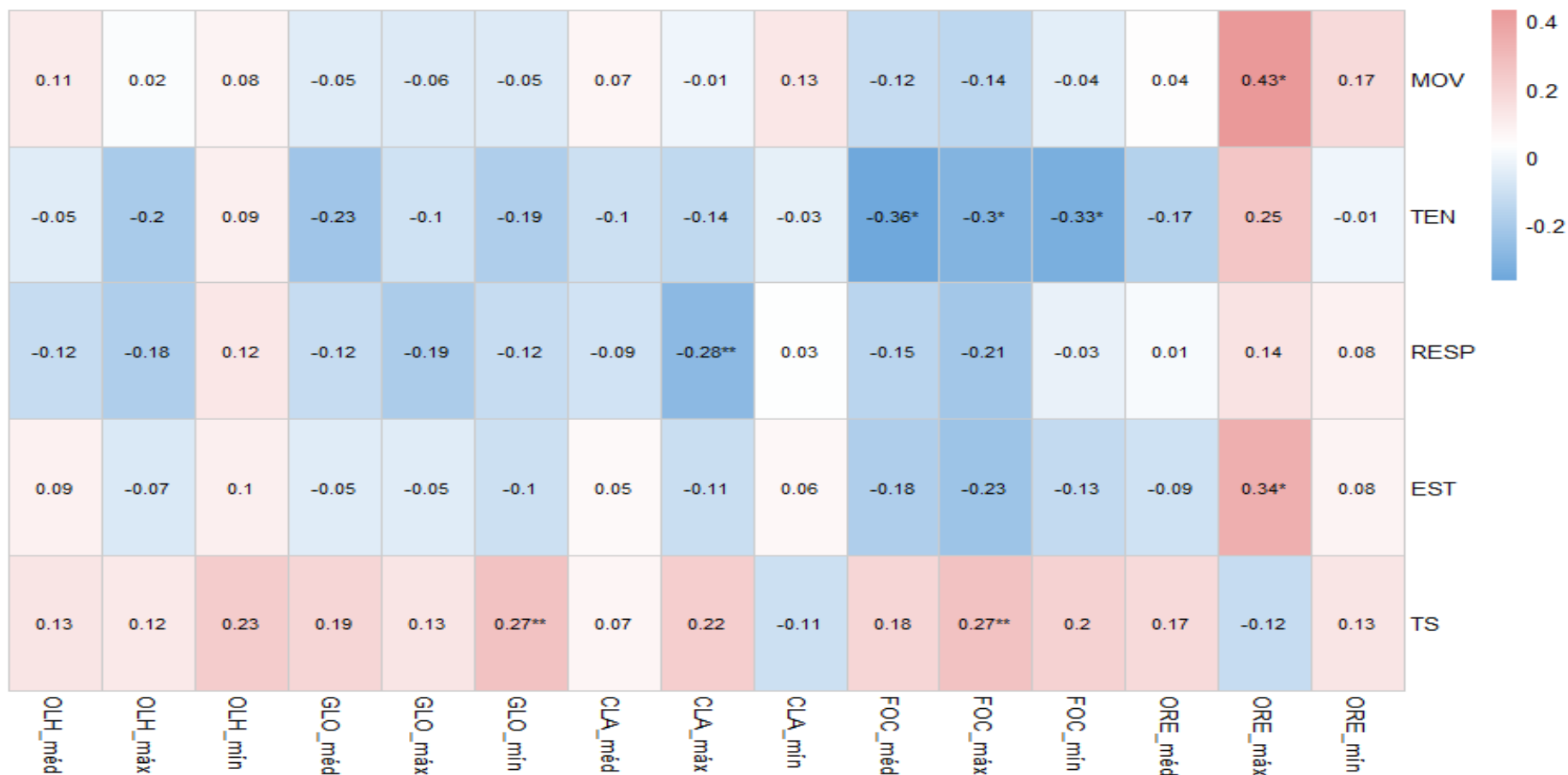


Figura 4. Correlações entre as categorias do Escore Composto de reatividade e as temperaturas das regiões do corpo medidas por termografia infravermelha de novilhos Caracu avaliados durante o manejo em brete de contenção.

MOV: Movimentação; RESP: Respiração; TEN: Tensão; EST: Escore de tronco; OLH: região ocular inteira; GLO: região do globo ocular; CLA: região do canal lacrimal; FOC: região do focinho; ORE: região da orelha; máx.: temperatura máxima; méd.: temperatura média; mín.: temperatura mínima. *: P < 0,05; **P < 0,10.

Procedimentos sanitários, reprodutivos e zootécnicos exigem contenções físicas que, mesmo rotineiras, podem gerar estresse agudo em animais de produção (Von Borell, 2001; Romero e Wingfield, 2015). As análises indicaram padrões térmicos distintos entre regiões corporais, compatíveis com essa resposta. Animais com escores mais altos no EST, indicativos de maior reatividade, apresentaram temperaturas mais altas na orelha e mais baixas no focinho. Durante o estresse agudo, a ativação do eixo HPA e a liberação de cortisol e catecolaminas promovem redistribuição do fluxo sanguíneo para órgãos vitais e musculatura (Mota-Rojas et al., 2011; Jerem e Romero, 2023). Essa resposta de “luta ou fuga” resulta em sinais fisiológicos, como taquicardia, hiperventilação e alterações térmicas superficiais, que podem ser detectadas por termografia infravermelha (Luzi et al., 2015; Stewart et al., 2010; Mota-Rojas et al., 2024).

Em situações de estresse agudo, a orelha pode funcionar como área de dissipação de calor. Essa vasodilatação periférica pode ser intensificada em ambientes quentes ou confinados, como tentativa fisiológica de termorregulação (Casas-Alvarado et al., 2022; Kovács et al., 2018). Assim, o aumento da temperatura auricular captado pela TIV pode ser interpretado como reflexo de estresse, especialmente quando associado a outros indicadores comportamentais. Por outro lado, a região do focinho, ricamente vascularizada e sensível à modulação autonômica, apresentou temperaturas mais baixas em animais classificados como mais tensos. Essa queda térmica é resultado da vasoconstrição periférica mediada principalmente pela ação da noradrenalina, redirecionando o sangue para áreas prioritárias como cérebro e músculos (Mota-Rojas et al., 2024; Stewart et al., 2010).

As análises de variância mostraram que o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) influenciou significativamente a maioria das temperaturas corporais medidas por termografia infravermelha (TIV), incluindo: ‘temperatura média da orelha’ (F = 6,93; P = 0,01), ‘temperatura média do olho’ (F = 12,04; P = 0,001), ‘temperatura máxima do olho’ (F = 9,14; P = 0,005), ‘temperatura média do focinho’ (F = 10,78; P = 0,002), ‘temperatura máxima do focinho’ (F = 16,43; P = 0,0003), ‘temperatura máxima do globo ocular’ (F = 5,15; P = 0,03) e ‘temperatura média do canal lacrimal’ (F = 18,66; P = 0,0002). Para a ‘temperatura máxima do canal lacrimal’, ITU (F = 22,31; P = 0,0001) e ‘Tensão’

($F = 4,21$; $P = 0,02$) foram significativos, indicando influência tanto ambiental quanto emocional. Observou-se também tendência de efeito da variável 'Movimentação' sobre a 'temperatura máxima da orelha' ($F = 2,73$; $P = 0,08$), possivelmente associada ao aumento do fluxo sanguíneo periférico causado por maior atividade muscular.

Esses resultados reforçam o papel do ambiente sobre as medidas térmicas, já reportado por outros estudos, que recomendam considerar as condições climáticas na interpretação das imagens térmicas (Vicentini et al., 2020; McCafferty et al., 2021; Jerem e Romero, 2023). A ampla associação entre ITU e as regiões corporais avaliadas evidencia a sensibilidade da TIV às condições ambientais, reforçando a importância de contextualizar essas medidas ao ambiente de manejo. Apesar disso, as variáveis ambientais permaneceram dentro da zona de conforto térmico descrita para a raça Caracu ao longo do estudo (Abduch et al., 2022).

5. CONCLUSÃO

A termografia infravermelha mostrou-se uma ferramenta eficiente e não invasiva para avaliar o estresse agudo em novilhos da raça Caracu, revelando alterações fisiológicas associadas ao comportamento durante o manejo. Orelha e focinho se destacaram como janelas térmicas mais sensíveis, com resposta térmica inversa: aumento na temperatura da orelha e redução da temperatura do focinho em animais mais reativos, refletindo a redistribuição do fluxo sanguíneo compatíveis com o estresse. Adicionalmente, fatores ambientais devem ser cuidadosamente considerados na coleta e interpretação dos dados.

REFERÊNCIAS

- Abduch, N. G., Pires, B. V., Souza, L. L., Vicentini, R. R., Zadra, L. E. F., Fragomeni, B. O., ... & Stafuzza, N. B. (2022). Effect of thermal stress on thermoregulation, hematological and hormonal characteristics of Caracu beef cattle. *Animals*, 12(24), 3473.
- Burrow, H. M. (1997). Measurement of temperament and their relationship with performance traits of beef cattle. *Animal Breeding Abstract*, 65, 478–495.
- Burrow, H. M., & Corbet, N. J. (2000). Genetic and environmental factors affecting temperament of zebu and zebu-derived beef cattle grazed at pasture in the tropics. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51, 155–162.

Burrow, H. M., Seifert, G. W., & Corbet, N. J. (1988). A new technique for measuring temperament in cattle. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 17, 154–157.

Cafe, L. M., Robinson, D. L., Ferguson, D. M., Geesink, G. H., & Greenwood, P. L. (2011). Temperament and hypothalamic–pituitary–adrenal axis function are related and combine to affect growth, efficiency, carcass, and meat quality traits in Brahman steers. *Domestic Animal Endocrinology*, 40, 230–240.

Carvalho, G. M. C., et al. (2019). Aspectos técnicos e científicos para a produção de bovinos compostos, tropicalmente adaptados, com o uso de recursos genéticos brasileiros. *Embrapa*.

Casas-Alvarado, A., et al. (2022). Thermal and circulatory changes in various body regions of dogs and cats evaluated by infrared thermography. *Animals*, 12(6), 789.

Crestani, C. C. (2016). Emotional stress and cardiovascular complications in animal models: a review of the influence of stress type. *Frontiers in Physiology*, 7, 251.

Curley Jr., K. O., Neuendorff, D. A., & Lewis, A. W. (2004). Evaluation of temperament and stress physiology may be useful in breeding programs. *Beef Cattle Research*, 1–4.

Fordyce, G., Goddard, M., & Seifert, G. W. (1982). The measurement of temperament in cattle and effect of experience and genotype. *Animal Production*, 14, 329–332.

Freitas, A. P., et al. (2023). Influence of handling in corrals on the temperament of different breeds of beef cattle raised in Brazil. *Journal of Animal Science*, 101.

Friedrich, J., Brand, B., & Schwerin, M. (2015). Genetics of cattle temperament and its impact on livestock production and breeding – a review. *Archives Animal Breeding*, 58(1), 13–21.

Ghassemi Nejad, J., Ghaffari, M. H., Ataallahi, M., Jo, J. H., & Lee, H. G. (2022). Stress concepts and applications in various matrices with a focus on hair cortisol and analytical methods. *Animals*, 12(22), 3096.

Grandin, T. (1980). Observation of cattle behaviour applied to the design of handling facilities. *Applied Animal Ethology*, 6, 19–31.

Grandin, T. (1993). Handling and welfare of livestock in slaughter plants. In *Livestock Handling and Transport* (pp. 289–307). CABI International.

Grandin, T., & Deesing, D. (1998). Genetics and behavior of domestic animals. In T. Grandin (Ed.), *Genetics and Behavior of Domestic Animals* (pp. 113–114). San Diego: Academic Press.

Hing, S., Narayan, E. J., Thompson, R. A., & Godfrey, S. S. (2016). The relationship between physiological stress and wildlife disease: consequences for health and conservation. *Wildlife Research*, 43(1), 51–60.

Jerem, P., & Romero, L. M. (2023). It's cool to be stressed: Body surface temperatures track sympathetic nervous system activation during acute stress. *The Journal of Experimental Biology*, 226(20).

Lancaster, P. A., Carstens, G. E., & Woods, S. A. (2005). Evaluation of feed efficiency traits in growing bulls and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass estimates. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 56, 461–464.

Lima, M. L. P., Neto, L. B., Figueiredo, L. A., & Razook, A. G. (1992). Os bovinos da raça Caracu. *Zootecnia*, 30, 1–12.

Luzi, F., Ludwig, N., & Gargano, M. (2010). Technical note: Applicability of infrared thermography as a non-invasive measurement of stress in rabbit. *World Rabbit Science*, 15(4), 199–206.

McCafferty, D. J., Koprowski, R., Herborn, K., et al. (2021). Editorial: Advances in thermal imaging. *Journal of Thermal Biology*, 102, 103109.

Mota-Rojas, D., et al. (2022). Neurobiology and modulation of stress-induced hyperthermia and fever in animals. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 53(1), 1–15.

Mota-Rojas, D., et al. (2024). Thermography as a non-invasive technique in veterinary medicine for the indirect evaluation of peripheral vascular perfusion and tissue viability in animals: A review. *Animals*, 14(1), 142.

Müller, R., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2006). Consistency of flight speed and its correlation to productivity and to personality in *Bos taurus* beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 99(3–4), 193–204.

Pereira, M. C., Mercadante, M. E. Z., Albuquerque, L. G., & Razook, A. G. (2005). Estimativa de ganho genético a partir de diferenciais de seleção e parâmetros populacionais em um rebanho Caracu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2245–2252.

Pires, R. M. L., et al. (2014). Caracterização citogenética das raças bovinas Caracu, Junqueira, Pantaneira e Patuá. *Boletim de Indústria Animal*, 71(4), 332–340.

Riemer, S., Assis, L., Pike, T. W., et al. (2016). Dynamic changes in ear temperature in relation to separation distress in dogs. *Physiology & Behavior*, 167, 86–91.

Rodrigues, G. R. D., Rezende, V. T., Mercadante, M. E. Z., Bonilha, S. F. M., Canesin, R. C., Raineri, C., et al. (2024). Animal growth models as a tool to

estimate resilience indicators in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers: Selection effects and genetics parameters. *Livestock Science*, 282, 105435.

Romero, M. L. (2004). Physiological stress in ecology: Lessons from biomedical research. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(5), 249–255.

Romero, M. L., & Wingfield, J. C. (2015). *Tempests, poxes, predators, and people: Stress in wild animals and how they cope*. Oxford University Press.

Stewart, M., Webster, J. R., Verkerk, G. A., et al. (2007). Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology & Behavior*, 92(3), 520–525.

Stubsjøen, S. M., Flø, A. S., Moe, R. O., et al. (2009). Exploring non-invasive methods to assess pain in sheep. *Physiology & Behavior*, 98(5), 640–648.

Tulloh, N. M. (1961). Behaviour of cattle in yards. II. A study of temperament. *Animal Behaviour*, 9, 25–30.

Valente, T. S., Albito, O. D., Sant'anna, A. C., et al. (2017). Genetic parameter estimates for temperament, heifer rebreeding, and stayability in Nellore cattle. *Livestock Science*, 206, 45–50.

Vicentini, R. R., Montanholi, Y. R., Veroneze, R., et al. (2020). Infrared thermography reveals surface body temperature changes during proestrus and estrus reproductive phases in Gyr heifers (*Bos taurus indicus*). *Journal of Thermal Biology*, 92, 102662.

Villalba, J. J., & Manteca, X. (2019). A case for eustress in grazing animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 1–6.

Von Borell, E. H. (2001). The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science*, 79(E-Suppl), E260.

Wahl, M., Jormalainen, V., Eriksson, B. K., et al. (2011). Stress ecology in *Fucus*: Abiotic, biotic and genetic interactions. *Advances in Marine Biology*, 59, 37–105.