



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PAVLOS VINICIUS DO NASCIMENTO**

**TERMORREGULAÇÃO DE CÃES DOMÉSTICOS (*Canis lupus familiaris*)**  
**DURANTE PASSEIO EM AMBIENTE TROPICAL**

**AREIA**

**2024**

**PAVLOS VINICIUS DO NASCIMENTO**

**TERMORREGULAÇÃO DE CÃES DOMÉSTICOS (*Canis lupus familiaris*)  
DURANTE PASSEIO EM AMBIENTE TROPICAL**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Orientador:** Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva.

**Coorientador:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jacinara Hody Gurgel Morais de Leite.

**Coorientador:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Diniz Rola.

**AREIA**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

N244t Nascimento, Pavlos Vinicius do.

Termorregulação de cães domésticos (*Canis lupus familiaris*) durante passeio em ambiente tropical / Pavlos Vinicius do Nascimento. - Areia:UFPB/CCA, 2024. 57 f. : il.

Orientação: Edilson Paes Saraiva.

Coorientação: Jacinara Hody Gurgel Moraes de Leite, Luciana Diniz Rola.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Ambiência. 3. Bem-estar. 4. Calor. 5. Domesticação. 6. Tolerância. I. Saraiva, Edilson Paes. II. Leite, Jacinara Hody Gurgel Moraes de. III. Rola, Luciana Diniz. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.3)

PAVLOS VINICIUS DO NASCIMENTO

TERMORREGULAÇÃO DE CÃES DOMÉSTICOS (*Canis lupus familiaris*) DURANTE  
PASSEIO EM AMBIENTE TROPICAL

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Aprovado em: 27/02/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Edilson Pares Saraiva (Orientador)  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



---

Prof. Dr. Vinícius de França Carvalho Fonseca  
Universidade Estadual Paulista (Unesp)



---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Aline Cristina Sant'Anna  
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba e ao programa de Pós-graduação em Zootecnia, por tantas oportunidades, e por ter sido minha segunda casa nos últimos anos.

Ao meu querido orientador Professor Dr. Edilson Paes Saraiva, por ter me aceitado de volta (risos) e ter me dado uma segunda chance, para melhorar e me reinventar.

Ao grandessíssimo “Garotinho”: Vinícius de França Carvalho Fonseca. Sem o seu auxílio eu não teria chegado até aqui, você foi essencial.

Ao grupo Bioet e a todos que o compuseram e ajudaram de alguma forma na minha caminhada durante esses anos,

Ao grupo Amor Animal Arcoverde, vocês fazem um trabalho excepcional dentro das possibilidades, parabéns! Em especial a Lucineide e a Jussara, por terem acreditado no meu trabalho e terem cedido os animais para a pesquisa.

Aos cães utilizados na pesquisa: Chuvisco (Chuviscão), Suzy (Suzinha), Chico (Chicola), Negona, Faísca (Faíscola) e a cadela “Sem nome” (chamada carinhosamente de “mamãe” durante as coletas). Sem vocês eu não conseguiria dar esse pequeno passo na tentativa de melhorar a qualidade de vida dos cães domésticos, e saibam que mesmo em um período tão curto de tempo, nós formamos uma bela equipe, sempre lembrarei de vocês, obrigado!

A minha Coroa, minha Namorada e meu Irmão, por me aguentarem, entendo meus defeitos e sei que durante o experimento tiveram dias que fui insuportável.

Como já é de costume... A todos os seres vivos do Universo, pois acredito na Teoria do Caos. Portanto, o bater de asas de uma borboleta do outro lado do mundo, pode ter influenciado minha trajetória até aqui.

Por fim, mas não menos importante, a mim mesmo, só você sabe como é ser você, obrigado por nunca ter desistido e ter ido tão longe quando o cenário diversas vezes fora negativo.

**“Coisa linda” e muito obrigado!**

## RESUMO

De um modo geral, o ambiente térmico é considerado o principal fator que afeta a produção animal, pois seus efeitos são refletidos diretamente nos parâmetros produtivos desses animais. Porém, nos cães, criados em sua maioria para companhia, as informações disponíveis não são tão claras quanto a influência do ambiente térmico sobre o bem-estar desses animais. Os cães são animais homeotérmicos, sendo assim, é preciso que haja o balanço entre a energia térmica originada e a energia térmica perdida, para que consigam manter a temperatura interna relativamente constante. No entanto, são muito sensíveis às mudanças de temperatura e é extremamente difícil definir uma zona de termoneutralidade para essa espécie animal por conta da quantidade de raças existentes. Porém, os cães representam a maior população pet do Brasil, e isso muito se deve a habilidade desenvolvida por eles em cooperar e auxiliar os seres humanos, dito isso, foi proposto abordar os fatores que afetam a termorregulação de cães domésticos criados no Brasil e avaliar as respostas termorregulatórias de cães domésticos sem raça definida (SRD) durante e após caminhada ao ar livre com exposição a diferentes níveis de radiação solar. A termorregulação de 5 cães (3 machos e 2 fêmeas) castrados e saudáveis foi avaliada durante e após o passeio ao ar livre durante os 3 períodos do dia: manhã, tarde e noite. Foram realizadas 135 coletas, com duração de 42 minutos cada. Foram coletadas variáveis fisiológicas, comportamentais e meteorológicas e todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o R 4.1.0. Os resultados mostram que com o aumento da  $TGN_{Sol}$ , a regulação da temperatura corporal vai ficando cada vez mais difícil para o animal, que por mais que tenha mantido suas temperaturas corporais em níveis estreitos de variação, os custos foram refletidos no aumento da  $F_R$  e no aumento da  $T_{Pel}$ . A partir do desenvolvimento de um índice de conforto térmico foi possível estimar um valor crítico para  $F_R$ : 287 respirações por minuto, visto que, a partir desse momento ocorre um aumento da profundidade da respiração, elevando assim o volume respiratório corrente, o que conseqüentemente leva o animal a hiperventilar, causando uma perturbação no processo de trocas gasosas. Deste modo, é válido assumir que cães sem raça definida (SRD) quando expostos a altos níveis de carga térmica com exposição solar direta têm um gasto oneroso para manter suas temperaturas corporais em níveis estreitos de variação.

**Palavras-chave:** ambiência; bem-estar; calor; domesticação; tolerância.

# **THERMOREGULATION OF DOMESTIC DOGS (*Canis lupus familiaris*) DURING A WALK IN A TROPICAL ENVIRONMENT**

## **ABSTRACT**

In general, the thermal environment is considered the main factor that affects animal production, as its effects are directly reflected in the productive parameters of these animals. However, in dogs, mostly bred for companionship, the available information is not as clear as to the influence of the thermal environment on the well-being of these animals. Dogs are homeothermic animals, therefore, there must be a balance between the thermal energy originated and the thermal energy lost, so that they can maintain a relatively constant internal temperature. However, they are very sensitive to changes in temperature, and it is extremely difficult to define a thermoneutral zone for this animal species due to the number of existing breeds. However, dogs represent the largest pet population in Brazil, and this is largely due to the ability developed by them to cooperate and help humans, that said, it was proposed to address the factors that affect the thermoregulation of domestic dogs raised in Brazil and evaluate Thermoregulatory responses of domestic mongrel dogs (NDB) during and after walking outdoors with exposure to different levels of solar radiation. The thermoregulation of five dogs (three males and two females) castrated and healthy was evaluated during and after walking outdoors during the three periods of the day: morning, afternoon, and evening. 135 collections were performed, lasting 42 minutes each. Physiological, behavioral, and meteorological variables were collected and all statistical analyzes were performed using R 4.1.0. The results show that with the increase of  $BGT_{Sun}$ , the regulation of the body temperature becomes more and more difficult for the animal, that no matter how much it has maintained its body temperatures at narrow levels of variation, the costs were reflected in the increase in the  $R_F$  and in the increase in  $T_{Skin}$ . From the development of a thermal comfort index, it was possible to estimate a critical value for  $R_F$ : 287 breaths per minute, since, from that moment on, there is an increase in the depth of breathing, thus increasing the tidal respiratory volume, which consequently leads to the animal to hyperventilate, causing a disturbance in the gas exchange process. Thus, it is valid to assume that mongrel dogs (NDB) when exposed to high levels of thermal load with direct sun exposure have an expensive expense to keep their body temperatures within narrow levels of variation.

**Keywords:** ambience; domestication; tolerance; warmth; well-being.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Posição para avaliação da respiração do cão e contagem dos movimentos torácicos simultaneamente (cão “Sem nome” (5)).	36
Figura 2 -	Região ventral sem pelos (cão Suzy (2)) utilizada para medir a temperatura da pele ( $T_{Pel}$ ).	37
Figura 3 -	Correlograma das variáveis meteorológicas e fisiológicas dos cães (n = 5) medidas durante o passeio e em repouso posteriormente.	41
Figura 4 -	Condições térmicas ambientais experimentadas pelos cães (n = 5) durante o passeio/descanso nas 4 classes de TGN definidas. Primeira classe (1): $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2): $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3): $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4): $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .	43
Figura 5 -	Distribuição das temperaturas da pele e retal, assim como, a taxa respiratória dos cães (n = 5) durante o passeio/descanso em função das 4 classes de TGN. Primeira classe (1): $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2): $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3): $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4): $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .	44
Figura 6 -	Distribuição das temperaturas do pelame (Dorso e Cabeça), assim como, do coxim da pata dos cães (n = 5) durante o passeio/descanso em função das 4 classes de TGN. Primeira classe (1): $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2): $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3): $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4): $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .	44
Figura 7 -	Temperaturas corporais dos cães (n = 5), preditas a cada minuto, em função do tempo de caminhada/descanso (X) e carga térmica experimentada (Y). *Valores observados/medidos durante caminhada. +Valores observados durante descanso.	46
Figura 8 -	Frequência respiratória dos cães (n = 5), preditas a cada minuto, em função do tempo de caminhada/descanso (X) e carga térmica experimentada (Y). *Valores observados durante caminhada; +Valores observados durante descanso.	47
Figura 9 -	Probabilidade da ocorrência dos comportamentos termorregulatórios de posição em cães (n = 5) no período de descanso. Primeira classe (1): $25^{\circ}\text{C}$	

$\geq$  TGN, segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ ..... 49

Figura 10 - Ingestão de água (mL) pelos cães (n = 5) durante período de descanso em relação às classes de TGN. Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença estatística significativa entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. Primeira classe (1):  $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ ..... 51

Figura 11 - Temperatura da pele ( $T_{\text{Pel}}$ ), temperatura retal ( $T_{\text{R}}$ ), temperatura do Coxim ( $T_{\text{Cox}}$ ) e frequência respiratória ( $F_{\text{R}}$ ) em função do Índice de Estresse Térmico (ITE)..... 52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Escores comportamentais dos cães.....	33
Tabela 2 -	Características dos cães.....	34
Tabela 3 -	Dados meteorológicas coletados durante o estudo.....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	10
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 1 - Termorregulação em Cães Domésticos (<i>Canis lupus familiaris</i>): uma Análise Integrada das Respostas Fisiológicas e Implicações para o Bem- Estar Animal</b> .....	12
2.1	INTRODUÇÃO.....	12
2.2	EVOLUÇÃO CANINA: DAS ORIGENS À DIVERSIDADE FENOTÍPICA.....	14
2.3	DINÂMICA DA INTERAÇÃO CÃES E AMBIENTE.....	16
2.4	TERMORREGULAÇÃO EM CÃES DOMÉSTICOS: DESAFIOS ANATÔMICOS E AMBIENTAIS.....	18
2.5	ESTRESSE POR CALOR COMO FATOR DE RISCO PARA CÃES DOMÉSTICOS.....	20
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	23
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 2 - Sob o sol escaldante: riscos de Estresse Térmico em Cães Domésticos durante passeios em Climas Tropicais</b> .....	27
3.1	RESUMO.....	27
3.2	ABSTRACT.....	28
3.3	INTRODUÇÃO.....	29
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
<b>3.4.1</b>	<b>Local do Estudo e Seleção dos Animais</b> .....	32
<b>3.4.2</b>	<b>Preparação dos Animais e Procedimento Experimental</b> .....	34
<b>3.4.3</b>	<b>Variáveis Fisiológicas, Comportamentais e Meteorológicas</b> .....	35
<b>3.4.4</b>	<b>Análise Estatística</b> .....	38
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.6	CONCLUSÕES.....	54
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES</b> .....	57

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O mercado pet mundial está sempre crescendo e, nos últimos anos, enquanto o mundo enfrentava a pandemia da COVID-19 e vários mercados sofreram e tiveram baixas, o setor pet foi inflado, movimentou mais de 135 bilhões de dólares em 2021, um aumento de mais de 5% quando comparado a 2020. Esses números foram reflexo direto do aumento populacional dos pets. No Brasil por exemplo, em 2019 a população de cães era de 55,1 milhões de animais, enquanto em 2021, esse número ultrapassou os 58 milhões, um aumento de mais de 3 milhões durante o período pandêmico.

Além disso, a pandemia de COVID-19 impactou diretamente na relação entre tutor e cão, visto que, durante o período de isolamento social, os tutores passaram a conviver mais com seus cães, que por sua vez os ajudaram a enfrentar o contexto pandêmico difícil, o que consequentemente fortaleceu ainda mais o apego entre as partes. Entretanto, o isolamento social fez com o que os cães enfrentassem um cenário com limitação espacial, assim como a falta de atividade física adequada, como passeios diários ao ar livre.

Com o relaxamento das medidas restritivas de isolamento social, os tutores e seus cães voltaram intensamente a desfrutar das atividades ao ar livre em conjunto, porém, por mais que a realização de passeios em ambiente aberto esteja fortemente relacionado com a melhoria dos níveis de bem-estar de cães domésticos, é necessário avaliar o ambiente térmico durante essas atividades, uma vez que, é possível observar tutores caminhando com seus cães ao ar livre em horários de intensa radiação solar, sendo que, cães são animais homeotérmicos dependentes exclusivamente da evaporação por meio das vias aéreas superiores como mecanismo eficiente para dissipação de calor quando expostos a ambientes em que a temperatura do ar seja igual ou superior a sua temperatura corporal.

A exposição de cães domésticos a ambientes quentes pode ocasionar em um quadro de insolação, que é o problema mais descrito relacionado ao ambiente térmico. A maioria dos casos são diagnosticados durante os períodos mais quentes do ano, e apesar do tratamento adequado ser realizado, esse problema pode resultar em graves complicações e em altas taxas de mortalidade dependendo do grau que o quadro de insolação esteja. Entretanto, pesquisas demonstrando o impacto do ambiente térmico para o bem-estar de cães são escassos, sendo que para prevenir e evitar problemas ocasionados pelo estresse por calor é necessário entender a termorregulação canina e como esses animais se comportam diante de condições térmicas desafiantes.

Portanto, foi proposto abordar os fatores que afetam a termorregulação de cães domésticos criados no Brasil e avaliar as respostas termorregulatórias de cães domésticos sem raça definida (SRD) durante e após caminhada ao ar livre com exposição a diferentes níveis de radiação solar.

## **2 CAPÍTULO 1 - Termorregulação em Cães Domésticos (*Canis lupus familiaris*): uma Análise Integrada das Respostas Fisiológicas e Implicações para o Bem-Estar Animal**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

O ambiente térmico exerce uma influência significativa sobre a produção animal, sendo considerado um fator preponderante. A homeostase dos animais é sensivelmente afetada pelas mudanças climáticas ao longo dos anos, juntamente com as características específicas de cada região. Essa interação desafia os animais, podendo resultar em baixos níveis de bem-estar, comprometimento da saúde e desenvolvimento de comportamentos anormais, impactando diretamente na produtividade. Diante desse cenário, ao longo do tempo, evoluíram inúmeros mecanismos comportamentais e fisiológicos de termorregulação nos animais (AMES, 1980).

Embora os animais possuam capacidade de ajustar sua fisiologia para enfrentar variações de temperatura e exibam plasticidade fisiológica, conferindo resistência às mudanças climáticas, os efeitos adversos do calor e da intensa radiação solar, predominantes em muitas regiões do Brasil, têm sido objeto de diversos estudos em espécies de produção (TAKAHASHI, 2012; DASH et al., 2016; PASSINI et al., 2020). No entanto, quando se trata de animais de estimação, como os cães domésticos, os estudos muitas vezes se concentram nos aspectos patológicos decorrentes da hipertermia, como evidenciado em pesquisas anteriores (BRUCHIM et al., 2009; BRUCHIM et al., 2017; HALL et al., 2020).

Uma análise realizada por Bruchim et al. (2006) revelou que, em Israel, durante os meses mais quentes do ano (julho e agosto), 54 cães foram diagnosticados com insolação, apresentando uma taxa de mortalidade geral de 50%, mesmo com tratamento adequado. Resultados semelhantes foram encontrados por Teichmann et al. (2014) no sul da Alemanha, destacando a relevância do estudo das implicações da insolação em cães. Contudo, compreender como o ambiente térmico afeta a termorregulação dos cães domésticos permanece um desafio substancial (SEEBACHER et al., 2015).

Para enfrentar esse desafio, é importante investigar as modificações anatômicas e fisiológicas ocorridas nos cães domésticos ao longo de sua evolução. Essas modificações podem exercer influência indireta sobre a capacidade termorregulatória desses animais. Assim, a compreensão de como os cães domésticos lidam com desafios ambientais é crucial, permitindo a implementação de medidas que reduzam o estresse térmico e contribuam para a homeostase desses animais.

Nesse contexto, propõe-se com esta revisão abordar os fatores que impactam a termorregulação de cães domésticos no Brasil, explorando suas capacidades fisiológicas e aspectos evolutivos. Serão considerados aspectos da tolerância ao calor apresentados por esses animais, unindo informações sobre as limitações que enfrentam quando expostos a condições térmicas desafiadoras.

## 2.2 EVOLUÇÃO CANINA: DAS ORIGENS À DIVERSIDADE FENOTÍPICA

O estreito vínculo entre cães domésticos e seres humanos é resultado de um longo processo de domesticação, no qual esses animais desenvolveram a capacidade de colaborar e desempenhar papéis sociais nos lares humanos (COOK et al., 2014). A origem do cão doméstico, frequentemente associada ao lobo cinzento da Eurásia (GERMONPRÉ et al., 2009), apresenta lacunas históricas que sugerem o *Canis lepophagus* como ancestral primitivo, remontando ao início do Plioceno na América do Norte (CHERIN et al., 2014).

Além de possuir a maior diversificação fenotípica entre os mamíferos, o *Canis lupus familiaris* (cão doméstico) destaca-se por superar primatas na compreensão da comunicação humana (HARE e TOMASELLO, 2005). A considerável variedade de raças atende às demandas sociais por características específicas, seja para trabalho, esporte, companhia ou estética (GEORGEVSKY et al., 2014).

A seleção artificial, aplicada intensamente às raças modernas, busca atender padrões estéticos e comportamentais desejados pelos proprietários (CAREAU et al., 2010). A docilidade e facilidade de manejo, características intensamente selecionadas, alteraram a plasticidade comportamental dos cães ao longo do tempo, ampliando sua capacidade de perceber e interagir com estímulos humanos (FRANK e FRANK, 1982).

Contudo, a seleção por características estéticas nem sempre considerou o bem-estar dos animais, como evidenciado na raça São Bernardo. Originária de funções específicas, a raça passou por seleções que priorizaram a aparência em detrimento do temperamento (DRAKE e KLINGENBERG, 2008). Essas práticas resultaram em fenótipos aberrantes, como a conformação braquicefálica, prejudicial à saúde dos cães.

A diversidade não se limita a raças distintas, podendo ser observada dentro de uma mesma raça, como demonstrado por Suzanski (2013) em estudo sobre a pelagem de cães Pastor Alemão. As diferenças térmicas causadas por distintos subtipos de pelagem destacam a complexidade do balanço térmico desses animais.

A ausência de glândulas sudoríparas ativas no corpo dos cães é uma característica amplamente reconhecida, sendo as patas uma região particular de interesse devido às adaptações evolutivas específicas observadas, como documentado por Sands et al. (1977). O estudo genético dessas adaptações, no contexto da vasta variedade de raças de cães, apresenta desafios significativos devido à complexidade das influências humanas na seleção ao longo do tempo.

Ao considerar as glândulas sudoríparas caninas, é importante ressaltar que, embora aquelas localizadas no corpo do cão doméstico não desempenhem papel ativo (AFFOLTER e MOORE, 1994), as pesquisas de Sands et al. (1977) destacaram diferenças notáveis na atividade dessas glândulas nas patas de cães domésticos e canídeos selvagens. Lobos e coiotes orientais apresentaram menor densidade de glândulas sudoríparas écrinas nas almofadas das patas, mesmo sob temperaturas de até 50°C, não manifestando sudorese nessas regiões. Em contrapartida, cães domésticos da raça Husky Siberiano exibiram uma densidade significativamente maior dessas glândulas, manifestando sudorese espontânea na mesma região.

Esses resultados indicam um processo evolutivo, levando os autores a conjecturarem sobre a possível herança dessa diferenciação a partir de ancestrais com origens distintas. A hipótese levantada é que as glândulas sudoríparas funcionais presentes nos coxins podem ser uma característica herdada de canídeos provenientes de regiões de clima temperado. Nesses locais, a sudação nessa região específica das patas desempenharia um papel crucial, evitando o congelamento da mesma, dada a composição do suor (SANDS et al., 1977). A relação entre a ausência geral de glândulas sudoríparas e as adaptações específicas nas patas destaca a complexidade das respostas evolutivas dos cães a diferentes ambientes e necessidades.

Dessa forma, explorar a evolução canina, suas adaptações fenotípicas e os desafios resultantes da seleção artificial é essencial para compreender a resposta termorregulatória desses animais diante das condições climáticas adversas.

### 2.3 DINÂMICA DA INTERAÇÃO CÃES E AMBIENTE

Normalmente os efeitos do ambiente térmico são refletidos diretamente nos parâmetros produtivos em animais de produção. Porém, nos cães, criados em sua maioria para companhia, há pouca informação disponível sobre a influência do ambiente climático sobre o bem-estar desses animais.

Ao estudar cães recém-nascidos, Jensen e Ederstrom (1955) observaram que apenas a partir da quarta semana de vida esses filhotes desenvolvem maturidade suficiente no sistema termorregulador para manter uma temperatura corporal estável diante de desafios térmicos. McIntyre e Ederstrom (1958) expandiram essas descobertas, analisando as respostas dos filhotes em diferentes temperaturas ambientes. Eles concluíram que o eficiente uso do aumento do metabolismo para manter a homeotermia só ocorre a partir da terceira semana de vida.

Pesquisas em cães adultos têm abordado como esses animais respondem a diversas condições ambientais. O'Connor (1977) investigou a influência do calor radiante sobre o consumo de água em cães sem raça definida, indicando que a exposição ao calor radiante pode levar a resultados de desidratação comparáveis aos observados em cães envolvidos em atividades físicas sem exposição à radiação. Outro estudo sobre estratégias de hidratação em cães de detecção, conduzido por Otto et al. (2017), revelou que o consumo de eletrólitos por esses animais pode ter efeitos contraproducentes, aumentando o risco de desidratação.

Durrer e Hannon (1962) examinaram como as mudanças sazonais afetam a ingestão de alimentos em cães da raça Husky Siberiano, que vivem em ambientes frios. Eles observaram um aumento no consumo de alimentos à medida que a temperatura diminui, afetando tanto o metabolismo quanto as características de pelame desses cães. Sugano (1981), por sua vez, constatou que cães criados ao ar livre no inverno japonês se aclimataram, aumentando a produção de calor em repouso e reforçando o efeito isolante do pelame e da pele.

Estudos que se concentram nos efeitos adversos das altas temperaturas em cães geralmente se limitam ao surgimento de casos clínicos, como a insolação. Flournoy e Wohl (2003) definem insolação como uma doença causada pela exposição a temperaturas ambientais extremas, sendo recorrente nas épocas mais quentes do ano, resultando na elevação da temperatura corporal e em lesão hipertérmica direta aos tecidos corporais. Dada a diversidade morfológica e aos diferentes ambientes térmicos aos quais os cães domésticos estão expostos, é crucial realizar pesquisas que não apenas avaliem o surgimento de casos clínicos, mas também compreendam o impacto das variáveis climáticas na termorregulação desses animais. Esses

estudos são fundamentais para respeitar as particularidades morfológicas de cada raça, permitindo ajustes essenciais para garantir o bem-estar e a saúde desses animais.

## 2.4 TERMORREGULAÇÃO EM CÃES DOMÉSTICOS: DESAFIOS ANATÔMICOS E AMBIENTAIS

Os cães, como animais homeotérmicos, necessitam manter um equilíbrio preciso entre a energia térmica produzida e a perdida. Para garantir uma temperatura interna relativamente constante, em situações de temperaturas ambientais amenas, eles recorrem a vias de perda de calor sensíveis, tais como condução, convecção e radiação, responsáveis por dissipar mais de 70% do calor corporal (SHAPIRO et al., 1973). A vasodilatação periférica, desencadeada pelas células termorreceptoras na pele, favorece essa perda de calor (FLOURNOY e WOHL, 2003).

Entretanto, quando cães enfrentam ambientes com temperatura próxima à corporal, a principal rota para dissipar o calor torna-se a evaporação, realizada pelas vias aéreas superiores através da respiração ofegante. Isso é crucial, uma vez que as glândulas sudoríparas desses animais não desempenham um papel eficiente na termorregulação (AFFOLTER e MOORE, 1994). O mecanismo de resfriamento evaporativo é especialmente impulsionado pelas conchas nasais, proporcionando uma extensa área de superfície para a perda de água, enquanto a hipersalivação intensifica a eficiência da evaporação (BRUCHIM et al., 2006). Em um estudo comparativo das respostas ao estresse por calor em cães braquicefálicos e não braquicefálicos, Davis et al. (2017) observaram que os cães braquicefálicos apresentaram uma frequência respiratória maior quando submetidos a estresse térmico, em comparação com os cães que não possuíam essa característica anatômica. Concluíram, assim, que cães braquicefálicos possuem uma menor capacidade de regulação térmica.

Embora muitos cães domésticos compartilhem ambientes internos com humanos, os passeios ao ar livre ainda os expõem à radiação solar direta. Infelizmente, a pesquisa nesse contexto muitas vezes negligencia o calor radiante, concentrando-se apenas na temperatura do ar. Mitchell et al. (2018) alertam que modelos de equilíbrio térmico que não consideram a carga de calor radiante podem obscurecer efeitos significativos, inclusive nas mudanças comportamentais dos cães.

Ao abordar o balanço térmico, os estudos geralmente se concentram em animais de produção, que são criados extensivamente e passam a maior parte do tempo em ambientes abertos, expostos à radiação solar direta. No entanto, Potter et al. (2020) desenvolveram um modelo térmico denominado MTC (Modelo Térmico Canino) para simular as respostas da temperatura corporal em cães militares durante o trabalho, utilizando a equação  $S = M \pm W \pm R \pm C - E$  [ $W/m^2$ ]. Os autores fundamentaram o modelo na segunda lei da termodinâmica, seguindo o conceito orientador da equação do balanço de calor, onde a quantidade de calor

armazenado (S) representa o equilíbrio entre o calor perdido e ganho. M refere-se à produção de calor metabólico, W à intensidade de trabalho, R à radiação, C à convecção e E à evaporação. A intensidade do trabalho (W) foi calculada pela diferença entre a taxa metabólica (M) e os demais níveis apresentados durante o trabalho. Vale ressaltar que Potter et al. (2020) não incorporam a condução em seu modelo, justificando que o cálculo dessa transferência de calor exigiria o conhecimento da posição e temperatura do cão, além do coeficiente de transferência de calor da superfície em que o cão se encontra no momento.

Embora o modelo proposto por Potter et al. (2020) seja intrigante e possa servir como referência para o desenvolvimento de outros modelos térmicos, sua aplicação prática é desafiadora. Estabelecer a intensidade de trabalho ideal para cães militares de maneira geral é complexo, pois suas respostas fisiológicas também dependem do condicionamento físico e de outros fatores.

Outra abordagem relevante é a relação entre o pelame e a temperatura de superfície corporal (TSC). Kwon e Brundage (2019) investigaram diferentes tipos de pelagem, observando um aumento mais acentuado da TSC em cães de pelagem curta. Contudo, fatores como cor da pelagem e relação de superfície/massa corporal, que podem influenciar os resultados, não foram totalmente explorados no estudo.

Em síntese, compreender os mecanismos de termorregulação em cães domésticos requer uma abordagem holística, considerando não apenas a anatomia específica de cada raça, mas também os diversos fatores ambientais que podem influenciar seu bem-estar térmico.

## 2.5 ESTRESSE POR CALOR COMO FATOR DE RISCO PARA CÃES DOMÉSTICOS

As migrações humanas contribuíram para a disseminação global dos cães domésticos, resultando na diversidade de raças com características adaptativas específicas a diferentes ambientes (FREEDMAN et al., 2016). Estabelecer uma zona de termoneutralidade para cães domésticos é desafiador, dada a variação anatômica e fenotípica entre raças, o que impacta suas respostas termorregulatórias em ambientes diversos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006). A dificuldade em determinar temperaturas críticas contribui para a complexidade em avaliar o conforto ou estresse térmico, especialmente em animais com morfologias distintas.

Dois parâmetros fisiológicos cruciais para avaliar o estado térmico dos cães são a frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR). Alterações significativas na TR, indicativas de estresse por calor, podem levar à hipertermia, com temperaturas acima de 41°C representando riscos de danos cerebrais irreversíveis (LEWIS e FOSTER, 1976). O aumento da FR é uma estratégia vital para dissipar calor por evaporação, mas sua ativação constante pode resultar em complicações como alcalose respiratória e hipoglicemia (KANTER, 1959; HIGGINS E IAMPIETRO, 1967). Assim, a conjunção entre atividade física intensa, exposição a ambientes excessivamente quentes e um mecanismo de resfriamento evaporativo limitado amplia consideravelmente a probabilidade de desenvolvimento de taquipneia, acidose láctica, alcalose respiratória, hipertermia e aumento do débito cardíaco (PROSCURSHIM et al., 1989; BALTZER et al., 2012).

A eficiência da dissipação evaporativa depende da ventilação e umedecimento adequados das superfícies, e a intensidade do estresse por calor está diretamente relacionada à frequência e intensidade dos movimentos respiratórios, contribuindo para a significativa perda de água. Essa combinação, aliada à falta de disponibilidade de água para reposição, pode levar à desidratação, aumentando os riscos de hipertermia (CHEUNG e McLALLAN, 1998). Estudos indicam que cães desidratados apresentam alterações significativas nas respostas fisiológicas, como aumento da temperatura retal, diminuição da evaporação respiratória e débito cardíaco reduzido (BAKER et al., 1983; Baker, 1984).

A insolação, seja por exposição a ambientes quentes e úmidos ou por esforço físico extenuante, é um problema recorrente em cães, especialmente durante os meses de verão. Estudos revelam elevadas taxas de mortalidade associadas à insolação, destacando a importância de considerar fatores como raça, obesidade e conformidade braquicefálica na predisposição ao estresse por calor (BOUCHAMA e KNOCHER, 2002; RENIKER e MANN, 2002; BRUCHIM et al., 2006). A variação nas taxas de mortalidade observada em diferentes

estudos ressalta a necessidade de mais pesquisas, considerando as particularidades climáticas e populacionais.

Em um estudo conduzido por Bruchim et al. (2006), 54 cães foram diagnosticados com insolação no Hospital Veterinário da Universidade Hebraica, e seus prontuários médicos foram minuciosamente revisados. Dentro desse grupo, 42 cães foram diagnosticados no período entre julho e agosto, evidenciando os impactos intensos do período mais quente do ano sobre esses animais. Notavelmente, 87,5% dos Pastores Belgas Malinois apresentaram insolação por esforço, destacando as sérias consequências resultantes da combinação de atividade física extenuante com alto estresse térmico. As raças Golden e Labrador Retrievers foram super-representadas, e a obesidade pode ter desempenhado um papel crucial na ocorrência de insolação nessas raças. Ainda, 25% dos cães pertenciam a raças braquicefálicas, que possuem predisposição devido à sua capacidade limitada de evaporação e propensão ao edema laríngeo durante o estresse térmico. Por último, os Buldogues Ingleses, caracterizados pela conformidade braquicefálica e obesidade, também foram afetados. Apesar de tratamento adequado nos casos de insolação, esse problema pode resultar em complicações graves, conforme observado no estudo de Bruchim et al. (2006), que registrou uma taxa de mortalidade geral de 50%.

Teichmann et al. (2014) também relataram uma alta taxa de mortalidade geral (50%) relacionada a problemas de insolação em cães em uma pesquisa realizada no sul da Alemanha. No entanto, Hall et al. (2020), em um estudo conduzido no Reino Unido, reportaram uma taxa de mortalidade significativamente inferior, 14,18%, para problemas relacionados ao estresse por calor em cães. Essa diferença pode ser justificada tanto pelo clima temperado encontrado no Reino Unido quanto pelo método empregado, pois este foi o primeiro estudo a incluir todos os estágios da apresentação de problemas relacionados ao calor, utilizando inclusive os estágios iniciais que podem ser tratados sem hospitalização. Portanto, as limitações que podem surgir ao utilizar uma população de referência para estimar a incidência e a letalidade em nível populacional de patologias em cães relacionadas ao calor se manifestam.

Diante das muitas diferenças entre as raças caninas e até mesmo entre indivíduos da mesma raça, bem como das variadas condições climáticas presentes em um país de grandes dimensões como o Brasil, a dificuldade em obter resultados conclusivos sobre como o ambiente térmico pode interferir nas variáveis fisiológicas dos cães é evidente. Portanto, são necessários mais estudos, inclusive específicos para cada raça, a fim de compreender melhor como os diferentes níveis de estresse térmico podem afetar a saúde e o bem-estar dos cães domésticos a curto, médio e longo prazo.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambientes com temperaturas elevadas e umidade relativa do ar significativamente altas, aliadas à incidência de radiação solar, representam riscos substanciais para a saúde dos cães. Mesmo considerando o nível de aclimatação ou condicionamento físico do animal, existem regiões no Brasil onde as condições climáticas, na maior parte do ano, podem ser prejudiciais, comprometendo até mesmo os cães mais resistentes.

É crucial reconhecer a diversidade de fatores que podem influenciar as respostas dos cães diante de diferentes condições ambientais. Dada a limitação em modificar o microclima em que a maioria dos cães está inserida, é imperativo focar em práticas de manejo específicas e considerar as particularidades individuais de cada animal. Essa abordagem visa mitigar ao máximo os riscos associados ao estresse por calor.

A constante evolução do conhecimento científico pode desempenhar um papel essencial na promoção da reprodução seletiva, levando em conta características de tolerância ao calor. Nesse contexto, a realização de mais pesquisas torna-se crucial para avaliar os impactos do ambiente térmico sobre cães domésticos, levando em consideração suas particularidades morfológicas. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias acessíveis à sociedade pode proporcionar meios eficazes tanto para reduzir como para prevenir os efeitos prejudiciais do estresse por calor em cães.

## REFERÊNCIAS

- AFFOLTER, V. K.; MOORE, P. F. Histologic features of normal canine and feline skin. **Clinics in Dermatology**, 1994, v. 12, n. 4, p. 491-497.
- AMES D. Thermal Environment Affects Production Efficiency of Livestock. **BioScience**, 1980, v. 30, n. 7, p. 457-460.
- BAKER, M. A.; DORIS, P. A.; HAWKINS, M. J. Effect of dehydration and hyperosmolality on thermoregulatory water losses in exercising dogs. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 1983, v. 244, n. 4, p. R516-R521.
- BAKER, M. A. Cardiovascular and respiratory responses to heat in dehydrated dogs. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 1984, v. 246, n. 3, R369-R374.
- BALTZER, W. I.; FIRSHMAN, A. M.; STANG, B.; WARNOCK, J. J.; GORMAN, E.; MCKENZIE, E. C. The effect of agility exercise on eicosanoid excretion, oxidant status, and plasma lactate in dogs. **BMC Veterinary Research**, 2012, v. 8, n. 249.
- BOUCHAMA, A.; KNOCHEL, J. P. Heat Stroke. **The New England Journal of Medicine**, 2002, v. 346, n. 25, p. 1978-1988.
- BRUCHIM, Y.; KLEMENT, E.; SARAGUSTY, J.; FINKEILSTEIN, E.; KASS, P.; AROCH, I. Heat Stroke in Dogs: A Retrospective Study of 54 Cases (1999–2004) and Analysis of Risk Factors for Death. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, 2006, v. 20, n. 1, p. 38-46.
- BRUCHIM, Y.; LOEB, E.; SARAGUSTY J.; AROCH I. Pathological Findings in Dogs with Fatal Heatstroke. **Journal of Comparative Pathology**, 2009, v. 140, n. 2-3, p. 97-104.
- BRUCHIM, Y.; HOROWITZ, M.; AROCH, I. Pathophysiology of heatstroke in dogs - revisited. **Temperature**, 2017, v. 4, n. 4, p. 356-370.
- CAREAU, V.; RÉALE, D.; HUMPHRIES, M. M.; THOMAS, D. W.; SVENSSON, E.; MCPEEK, M. A. The Pace of Life under Artificial Selection: Personality, Energy Expenditure, and Longevity Are Correlated in Domestic Dogs. **The American Naturalist**, 2010, v. 175, n. 6, p. 753-758.
- CHERIN, M.; BERTÉ, D. F.; ROOK, L.; SARDELLA, R. Re-Defining *Canis etruscus* (Canidae, Mammalia): A New Look into the Evolutionary History of Early Pleistocene Dogs Resulting from the Outstanding Fossil Record from Pantalla (Italy). **Journal of Mammalian Evolution**, 2014, v. 21, p. 95-110.
- CHEUNG, S. S.; McLELLAN, T. M. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. **Journal of Applied Physiology**, 1998, v. 84, n. 5, 1731-1739.
- COOK, A.; ARTER, J.; JACOBS, L. F. My owner, right or wrong: the effect of familiarity on the domestic dog's behavior in a food-choice task. **Animal Cognition**, 2014, v. 17, n. 2, p. 461-470.

DASH, S.; CHAKRAVARTY, A. K.; SINGH, A.; UPADHYAY, A.; SINGH, M.; YOUSUF, S. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. **Veterinary World**, 2016, v. 9, n. 3, p. 235-244.

DAVIS, M. S.; CUMMINGS, S. L.; PAYTON, M. E. Effect of brachycephaly and body condition score on respiratory thermoregulation of healthy dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, 2017, v. 251, n. 10, p. 1160-1165.

DRAKE, A. G.; KLINGENBERG, C. P. The pace of morphological change: historical transformation of skull shape in St Bernard dogs. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 2008, v. 275, n. 1630, p. 71-76.

DURRER, J. L.; HANNON, J. P. Seasonal variations in caloric intake of dogs living in an arctic environment. **American Journal of Physiology-Legacy Content**, 1962, v. 202, n. 2, p. 375-378.

FLOURNOY, S. W.; WOHL, J. S. Heatstroke in dogs: pathophysiology and predisposing factors. **Compendium: continuing education for veterinarians**, 2003, v. 25, n. 6, p. 410-418.

FRANK, H.; FRANK, M. G. On the effects of domestication on canine social development and behavior. **Applied Animal Ethology**, 1982, v. 8, n. 6, p. 507-525.

FREEDMAN, A. H.; SCHWEIZER, R. M.; VECCHYO, D. O. D.; HAN, E.; DAVIS, B. W.; GRONAU, I.; SILVA, P. M.; GALAVERNI, M.; FAN, Z.; MARX, P.; GALDOS, B. L.; RAMIREZ, O.; HORMOZDIARI, F.; ALKAN, C.; VILÀ, C.; SQUIRE, K.; GEFFEN, E.; KUSAK, J.; BOYKO, A. R.; PARKER, H. G.; LEE, C.; TADIGOTLA, V.; SIEPEL, A.; BUSTAMANTE, C. D.; HARKINS, T. T.; NELSON, S. F.; BONET, T. M.; OSTRANDER, E. A.; WAYNE, R. K.; NOVEMBRE, J. Demographically-Based Evaluation of Genomic Regions under Selection in Domestic Dogs. **Plos Genetics**, 2016, v. 12, n. 3.

GEORGEVSKY, D.; CARRASCO, J. J.; VALENZUELA, M.; MCGREEVY, P. D. Domestic dog skull diversity across breeds, breed groupings, and genetic clusters. **Journal of Veterinary Behavior**, 2014, v. 9, n. 5, p. 228-234.

GERMONPRÉ, M.; SABLIN, M. V.; STEVENS, R. E.; HEDGES, R. E. M.; HOFREITER, M.; STILLER, M.; DESPRÉS, V. R. Fossil dogs and wolves from Palaeolithic sites in Belgium, the Ukraine and Russia: osteometry, ancient DNA and stable isotopes. **Journal of Archaeological Science**, 2009, v. 36, n. 2, p. 473-490.

HALL, E. J.; CARTER, A. J.; O'NEILL, D. G. Incidence and risk factors for heat-related illness (heatstroke) in UK dogs under primary veterinary care in 2016. **Scientific Reports**, 2020, v. 10, n. 9128.

HARE, B.; TOMASELLO, M. Human-like social skills in dogs? **Trends in Cognitive Sciences**, 2005, v. 9, n. 9, p. 439-444.

HIGGINS, E. A.; IAMPIETRO, P. F. Thermal Panting And The Initiation Of Respiratory Alkalosis. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, 1967, v. 45, n. 1, p. 1-12.

JENSEN, C.; EDERSTROM, H. E. Development of Temperature Regulation in the Dog. **American Journal of Physiology-Legacy Content**, 1955, v. 183, n. 2, p. 340-344.

KANTER, G. S. Cause of hypoglycemia in dogs exposed to heat. **American Journal of Physiology**, 1959, v. 196, n. 3, 619-624.

KWON, C.; BRUNDAGE, C. Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, 2019, v. 82, p. 18-22.

LEWIS, S.; FOSTER, R. C. Effect of Heat on Canines and Felines. **Iowa State University Veterinarian**, 1976, v. 38, n. 3.

McINTYRE, D. G.; EDERSTROM, H. E. Metabolic Factors in the Development of Homeothermy in Dogs. **American Journal of Physiology-Legacy Content**, 1958, v. 194, n. 2, p. 293-296.

MITCHELL, D.; SNELLING, E. P.; HETEM, R. S.; MALONEY, S. K.; STRAUSS, W. M.; FULLER, A. Revisiting concepts of thermal physiology: Predicting responses of mammals to climate change. **Journal of Animal Ecology**, 2018, v. 87, n. 4, p. 956-973.

O'CONNOR, W. J. Drinking caused by exposing dogs to radiant heat. **The Journal of Physiology**, 1977, v. 264, n. 1, p. 229-237.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Physical activity and environment. In: Nutrient requirements of dogs and cats. Washington, DC: **National Academies Press**, 2006, p. 268-269.

OTTO, C. M.; HARE, E.; NORD, J. L.; PALERMO, S. M.; KELSEY, K. M.; DARLING, T. A.; SCHMIDT, K.; COLEMAN, D. Evaluation of Three Hydration Strategies in Detection Dogs Working in a Hot Environment. **Frontiers in Veterinary Science**, 2017, v. 4, n. 174.

PASSINI, R.; ALMEIDA, E. A.; NERI, S. C. M.; AKAMINE, L. A.; NASCIMENTO, S. T. Thermal environment in mobile shelters with different cover types used for chicken housing at the semi-extensive rearing system. **International Journal of Biometeorology**, 2020, v. 64, p. 1947-1955.

POTTER, A. W.; BERGLUND, L. G.; O'BRIEN, C. A canine thermal model for simulating temperature responses of military working dogs. **Journal of Thermal Biology**, 2020, v. 91.

PROSCURSHIM, P.; RUSSO, A. K.; SILVA, A. C.; PIÇARRO, I. C.; FREIRE, E.; TARASANTCHI, J. Aerobic training effects on maximum oxygen consumption, lactate threshold and lactate disappearance during exercise recovery of dogs. **Comparative Biochemistry and physiology**, 1989, v. 94A, n. 4, p. 743-747.

RENIKER, A.; MANN, F. A. Animal ER-Understanding and treating heat stroke. **Veterinary Medicine**, 2002, v. 97, n. 5, p. 344-355.

SANDS, M. W.; COPPINGER, R. P.; PHILLIPS, C. J. Comparisons of Thermal Sweating and Histology of Sweat Glands of Selected Canids. **Journal of Mammalogy**, 1977, v. 58, n. 1, p. 74-78.

SEEBACHER, F.; WHITE, C. R.; FRANKLIN, C. E. Physiological plasticity increases resilience of ectothermic animals to climate change. **Nature Climate Change**, 2015, v. 5, p. 61-66.

SHAPIRO, Y.; ROSENTHAL, T.; SOHAR, E. Experimental heatstroke: A Model in Dogs. **Archives of Internal Medicine**, 1973, v. 131, n. 5, p. 688-692.

SUGANO, Y. Seasonal Changes in Heat Balance of Dogs Acclimatized to Outdoor Climate. **The Japanese Journal of Physiology**, 1981, v. 31, n. 4, p. 465-475.

SUZANSKI, T. W. Dog Hair Comparison: A Preliminary Study. **Canadian Society of Forensic Science Journal**, 2013, v. 21, n. 1-2, p. 19-28.

TAKAHASHI, M. Heat stress on reproductive function and fertility in mammals. **Reproductive Medicine and Biology**, 2012, v. 11, p. 37-47.

TEICHMANN, S.; TURKOVIĆ, V.; DÖRFELT, R. Hitzschlag bei Hunden in Süddeutschland. **Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere - Heimtiere**, 2014, v. 42, n. 4, p. 213-222.

## 3 CAPÍTULO 2 - Sob o sol escaldante: riscos de Estresse Térmico em Cães Domésticos durante passeios em Climas Tropicais

### 3.1 RESUMO

As caminhadas ao ar livre têm benefícios comprovados para o bem-estar dos cães, desde que evitem condições de alta carga térmica radiante. No entanto, a pesquisa sobre os riscos de hipertermia em cães ainda é limitada, embora não seja incomum a ocorrência de óbitos nesses casos. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar as respostas termorregulatórias de cães domésticos sem raça definida (SRD) expostos a diferentes níveis de carga térmica radiante durante e após caminhadas em uma região tropical. Foram selecionados cinco cães saudáveis, castrados e de porte médio/grande (3 fêmeas e 2 machos), com idades entre 1 e 7 anos, peso corporal médio de  $25,2 \pm 2,3$  kg e pelagem predominantemente escura, de pelos curtos e duros. Cada cão foi submetido a um total de 135 caminhadas de 12 minutos, com intervalo de descanso de 20 minutos. Durante as caminhadas, foram registradas a temperatura do ar ( $T_A$ , °C), temperatura de globo negro (TGN, °C), umidade relativa ( $U_R$ , %) e temperatura do solo ( $T_{Solo}$ , °C). Além disso, foram medidas as temperaturas do pelame ( $T_S$ , °C), pele ( $T_{Pele}$ , °C), coxim plantar ( $T_{Cox}$ , °C), retal ( $T_R$ , °C) e a frequência respiratória ( $F_R$ , resp.  $min^{-1}$ ) dos cães, em cada intervalo de 6 minutos. Foram aplicados modelos generalizados mistos para avaliar o efeito da carga térmica e do tempo de caminhada/descanso nas temperaturas corporais e na frequência respiratória dos cães. Por fim, um índice de estresse térmico (ITE) foi proposto para prever o impacto das condições meteorológicas na termorregulação dos cães. Os cães conseguiram manter a temperatura retal dentro de uma faixa estreita (38 - 39 °C). No entanto, houve um aumento significativo nas outras variáveis fisiológicas dos cães quando as caminhadas foram realizadas em períodos com TGN abaixo de 25 °C e TGN acima de 35 °C. O ITE desenvolvido variou de 90 a 210. Concluiu-se que caminhadas devem ser evitadas quando o ITE desenvolvido estiver acima de 170, visto que, com base nos valores de  $T_{Pele}$  e  $F_R$ , fica evidente que os cães se tornam mais susceptíveis a desenvolver quadros de hiperventilação nessas circunstâncias, portanto, essas condições representam um risco para a saúde dos cães e devem ser evitadas.

**Palavras-chave:** bem-estar; caminhada; *Canis lupus familiaris*; carga térmica radiante; estresse térmico.

### 3.2 ABSTRACT

Outdoor walks have proven benefits for the well-being of dogs, as long as they avoid conditions of high radiant heat load. However, research on the risks of hyperthermia in dogs is still limited, although deaths in these cases are not uncommon. Therefore, this study aimed to evaluate the thermoregulatory responses of mixed breed domestic dogs (DBM) exposed to different levels of radiant thermal load during and after walks in a tropical region. Five healthy, castrated, medium/large dogs (3 females and 2 males), aged between 1 and 7 years old, average body weight of  $25.2 \pm 2.3$  kg, and predominantly dark coat, with short hair and hard. Each dog was submitted to a total of 135 12-minute walks, with a 20-minute rest interval. During the walks, air temperature ( $T_A$ , °C), black globe temperature (TBG, °C), relative humidity ( $H_R$ , %) and soil temperature ( $T_{Soil}$ , °C) were recorded. In addition, the coat ( $T_C$ , °C), skin ( $T_{Skin}$ , °C), footpad ( $T_{FP}$ , °C), rectal ( $T_R$ , °C) and respiratory rate ( $R_R$ , resp.  $\text{min}^{-1}$ ) temperatures of the animals were measured. dogs, but every 6 minutes. Mixed generalized models were applied to evaluate the effect of heat load and walking/rest time on body temperatures and respiratory rate of dogs. Finally, a heat stress index (IHS) was proposed to predict the impact of weather conditions on the thermoregulation of dogs. Dogs were able to maintain rectal temperature within a narrow range (38 - 39 °C). However, there was a significant increase in the other physiological variables of the dogs when the walks were performed in periods with TBG below 25 °C and TBG above 35 °C. The developed IHS ranged from 90 to 210. It was concluded that walks should be avoided when the developed IHS is above 170, since, based on the  $T_{Skin}$  and  $R_R$  values, it is evident that dogs become more susceptible to developing conditions of hyperventilation under these circumstances, therefore, these conditions pose a health risk to dogs and should be avoided.

**Keywords:** *Canis lupus familiaris*; heat stress; radiant heat load; walking; well-being.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O mercado pet tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Pet (ABINPET), o setor movimentou cerca de 139,2 bilhões de dólares globalmente em 2021, representando um aumento de 5,4% em relação a 2020. Essa expansão é evidenciada pelo estudo populacional do Radar Pet 2021 do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal (SINDAN), no qual se constatou que 30% dos pets pesquisados foram adquiridos durante a pandemia do Corona Vírus.

No Brasil, a população canina também registrou um crescimento significativo durante o período pandêmico. Segundo a ABINPET (2019), a população de cães no país era de 55,1 milhões de indivíduos, com um crescimento anual de 1,7% entre 2018 e 2019. Em 2021, esse número aumentou para 58,1 milhões, representando um crescimento de 5,4%. Esse aumento demonstra a crescente importância dos cães como companheiros e membros das famílias brasileiras durante esse período desafiador. Esses dados refletem a relevância do mercado pet e a demanda contínua por produtos e serviços relacionados aos cuidados e bem-estar dos animais de estimação. O setor continua a se adaptar às necessidades dos tutores e aos avanços tecnológicos, impulsionando ainda mais o crescimento desse mercado em nível global.

A popularidade e o aumento da população de cães estão diretamente relacionados ao longo processo de domesticação dessa espécie. Ao longo dos anos, os cães desenvolveram habilidade de cooperação com as pessoas, auxiliando em atividades essenciais e desempenhando papéis sociais. Eles têm ocupado cada vez mais espaço nos lares humanos e, em muitos casos, são considerados membros da família (OVERALL et al., 2014).

A Pandemia da COVID-19 teve um impacto significativo nesse contexto, pois os tutores passaram a conviver mais intensamente com seus cães. Os cães, por sua vez, desempenharam um papel crucial em ajudar as pessoas a enfrentar o cenário pandêmico desafiador, fortalecendo ainda mais o vínculo entre eles. De acordo com o Radar Pet 2021 do SINDAN, houve um aumento na porcentagem de tutores que consideram seus cães como membros da família ou até mesmo como filhos. Esse número já era alto antes da pandemia, enquanto a parcela de tutores que enxergam seus cães apenas como animais de estimação diminuiu.

Essa mudança na percepção reflete a importância dos cães como companheiros leais e fonte de apoio emocional em tempos difíceis. O aumento do apego entre tutores e cães durante a pandemia destaca o papel vital que os animais de estimação desempenham em proporcionar conforto e bem-estar aos seres humanos, especialmente em momentos de crise.

A preocupação em proporcionar uma excelente qualidade de vida para os cães tem aumentado nos últimos anos (CSOLTOVA et al., 2017). Esse cenário tem impulsionado a realização de vários estudos que avaliam, por exemplo, os efeitos positivos dos passeios diários ao ar livre na saúde dos cães e de seus tutores (CHRISTIAN et al., 2016), assim como a relação entre o exercício praticado em conjunto por tutores e cães e o nível de vínculo entre eles (WESTGARTH et al., 2015).

Embora haja uma forte conexão entre os passeios ao ar livre e a melhoria dos níveis de bem-estar dos cães, muitas vezes o aspecto térmico do ambiente em que esses animais são expostos durante essas atividades é negligenciado. Ainda é comum observar tutores caminhando com seus cães em horários de intensa carga térmica radiante. Portanto, compreender os efeitos do ambiente térmico nos cães domésticos durante os passeios ao ar livre é de extrema importância para aprimorar a qualidade de vida desses animais.

Os cães são animais homeotérmicos, o que significa que conseguem manter sua temperatura interna relativamente constante. Para garantir essa homeostase, as vias de troca de calor sensível, como condução, convecção e radiação, estão sempre funcionando (FLOURNOY e WOHL, 2003). No entanto, os cães são muito sensíveis às mudanças de temperatura, especialmente quando expostos a condições que podem levar ao estresse térmico. Eles dependem principalmente da evaporação por meio das vias aéreas superiores como mecanismo eficiente de transferência de calor quando expostos a ambientes nos quais a temperatura do ar se aproxime ou ultrapasse sua temperatura corporal (BRUCHIM et al., 2006).

Um estudo realizado no Reino Unido por Hall et al. (2020) analisou casos clínicos veterinários do ano de 2016 e identificou 1222 cães com problemas relacionados ao estresse por calor. Dentre esses casos, 74,2% estavam relacionados ao esforço físico, 12,9% ao confinamento ambiental e 5,2% ao confinamento veicular. O estudo também mostrou que cães machos jovens apresentaram maior probabilidade de desenvolver doenças relacionadas ao calor por esforço, enquanto cães mais velhos e cães com comprometimento respiratório tiveram maior probabilidade de desenvolver doenças relacionadas ao calor ambiental. A maioria dos eventos relacionados ao estresse por calor por esforço, ocorreu após atividades de intensidade relativamente baixa, como passeios ou caminhadas, e ocorreram durante os meses mais quentes da primavera e do verão.

As regiões de clima tropical, especialmente aquelas de baixa latitude, apresentam condições ambientais desafiadoras para os cães. As temperaturas médias são elevadas e a incidência de radiação solar é intensa durante grande parte do ano (RENAUDEAU et al., 2010). No Brasil, os tipos de clima tropical, como o clima árido e semiárido, têm aumentado, intensificando a “tropicalidade” em várias áreas do país. Além disso, na região Nordeste, houve um crescimento da aridificação, resultando em um aumento da temperatura média ambiental dessa região (DUBREUIL et al., 2019).

Com base nisso, foi proposto avaliar as respostas termorregulatórias de cães domésticos sem raça definida (SRD) expostos a diferentes níveis de carga térmica radiante durante e após caminhadas em uma região tropical. O objetivo é compreender melhor como os cães lidam com as condições térmicas durante as atividades físicas e proporcionar informações relevantes para melhorar o bem-estar desses animais.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.4.1 Local do Estudo e Seleção dos Animais

Esta pesquisa foi analisada e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal da Paraíba antes do início do estudo (número do protocolo: 5618020621). O experimento foi conduzido no município de Arcoverde, PE, Brasil (08° 25' 01" S, 37° 03' 30" W, 695m de altitude), entre abril e setembro de 2022. Para o estudo, foi selecionada uma rua aberta, pavimentada, sem declive e sem abrigo do sol, no referido município.

Foram estabelecidos critérios específicos para a seleção dos animais participantes da pesquisa. Os critérios incluíram o porte (médio/grande), peso (23 a 29kg), idade (1 - 7 anos), estado de saúde e temperamento. Todos os cães utilizados no estudo foram selecionados a partir do canil do Grupo de resgate Amor Animal de Arcoverde.

O estado de saúde de cada animal foi avaliado por meio da observação de sinais clínicos aparentes, análise do protocolo de vacinação e verificação da ausência de ectoparasitas. Além disso o temperamento de cada cão foi analisado utilizando dois escores comportamentais, que consideram os níveis de socialização com pessoas (exposição a diferentes situações envolvendo pessoas) e a permissividade do animal em ser manuseado (tolerância a carinho e toques em diferentes regiões do corpo). Cada escore variou de 0 a 5 notas, representando o nível de socialização e aceitação do animal em ser manuseado. Apenas os animais que receberam uma pontuação igual ou superior a 3 foram selecionados para participar do estudo, conforme apresentado na Tabela 1.

Essas medidas foram cuidadosamente adotadas com o objetivo de assegurar a representatividade dos animais e a confiabilidade dos resultados obtidos no estudo, visando a formação de um grupo homogêneo e adequado para atender aos objetivos da pesquisa.

**Tabela 1.** Escores comportamentais dos cães.

<b>Notas</b>	<b>Socialização com pessoas*</b>	<b>Manuseio do animal<sup>#</sup></b>
0	Totalmente aversivo a pessoas	Totalmente aversivo ao manuseio
1	Se retira de ambientes com pessoas	Permanece sem aceitar ser manuseado
2	Mantêm-se no ambiente com pessoas, mas, de forma desconfortável	Permite pouca interação física, apenas na região da cabeça
3	Continua no ambiente com pessoas, de forma mais confortável	Permanece permitindo pouca interação física, mas aceita em outras regiões
4	Fica confortável em ambientes com pessoas	Permite interação física em todas as partes do corpo
5	Procura por ambientes com pessoas	Procura por interação física

\*0: O cão demonstra uma aversão intensa a pessoas e tenta evitar o contato a todo custo;

\*1: O cão prefere se afastar ou evita a presença de pessoas, mostrando desconforto perceptível;

\*2: O cão permanece no ambiente com pessoas, mas exibe sinais de desconforto, como postura tensa ou inquietação;

\*3: O cão permanece no ambiente com pessoas de maneira mais tranquila, demonstrando algum nível de conforto e tolerância em relação à presença humana;

\*4: O cão se sente à vontade na presença de pessoas, demonstrando relaxamento e predisposição para interações positivas;

\*5: O cão busca ativamente a presença de pessoas e mostra entusiasmo e alegria em interagir com elas.

<sup>#</sup>0: O animal demonstra aversão intensa e rejeição completa ao ser manuseado;

<sup>#</sup>1: O animal não permite qualquer tipo de interação física e se retira ou se mostra agitado quando tentam manuseá-lo;

<sup>#</sup>2: O animal tolera algum nível de interação física, mas apenas na região da cabeça. Em outras partes do corpo, ele se mostra desconfortável ou resistente;

<sup>#</sup>3: O animal permite alguma interação física em áreas além da cabeça, mas com restrições. Pode mostrar desconforto ou resistência em algumas regiões do corpo;

<sup>#</sup>4: O animal aceita ser manuseado em todas as partes do corpo, demonstrando conforto e tolerância durante a interação física;

<sup>#</sup>5: O animal busca ativamente interação física e demonstra prazer e disposição para ser manuseado em todas as partes do corpo.

Foram selecionados um total de 5 cães adultos, sendo 3 fêmeas e 2 machos, todos sem raça definida (SRD), castrados, saudáveis e com um escore de temperamento igual ou superior a 3. Os animais foram avaliados com base em critérios de porte, peso, idade e pelagem, e as informações detalhadas sobre cada animal estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características dos cães.

Cães	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Pelagem <sup>1</sup>	Pelo <sup>2</sup>	Altura de cernelha (cm)	Comprimento (cm)
Chuvisco (1)	Macho	48	27,7	PB	CD	57	67
Suzy (2)	Fêmea	18	25,2	C	CD	55	65
Chico (3)	Macho	72	23,5	PA	CD	53	65
Negona (4)	Fêmea	36	29	P	CD	59	68
“Sem nome” (5)	Fêmea	24	24,3	MPB	CD	54	65

<sup>1</sup>Pelagem PB: preta com falhas em branco; Pelagem C: chocolate; Pelagem PA: preta avermelhada; Pelagem P: preta e Pelagem MPB: marrom com preto e partes em branco. <sup>2</sup>Pelo CD: curto e duro.

### 3.4.2 Preparação dos Animais e Procedimento Experimental

Os cães selecionados passaram por um processo de padronização no manejo alimentar, no qual o fornecimento de alimento foi restrito a ração seca, oferecida duas vezes ao dia, às 7h da manhã e às 19h. Esse protocolo alimentar foi seguido por um período de 15 dias. Após esse período, os animais foram submetidos a um condicionamento comportamental.

O condicionamento dos cães ocorreu ao longo de 7 dias e foi dividido em duas etapas: caminhada ao lado do condutor (Etapa 1) e manuseio para coletas de dados fisiológicos (Etapa 2). Para recompensar os cães, foi utilizado o método do reforço positivo, utilizando petiscos comerciais e alimento úmido comercial (patê).

Na Etapa 1, os cães foram conduzidos em uma caminhada utilizando uma guia unificada de 1,5 metros. Durante o passeio, sempre que o cão puxava a guia, o condutor parava de caminhar, fazendo com que o cão voltasse para o seu lado. O cão era então recompensado com petiscos comerciais e interação física. Após a recompensa, o passeio era retomado, e quando o cão caminhava sem puxar a guia, o condutor emitia palavras de incentivo frequentes.

A Etapa 2 consistiu em duas fases: obediência ao comando “fica” e familiarização com o termômetro infravermelho a laser (Fase 1), e aceitação do termômetro clínico digital (Fase 2). Inicialmente, os cães foram condicionados a responder ao comando “fica” e, ao obedecerem, eram recompensados com petiscos comerciais, interação física e palavras de incentivo. Em seguida, o termômetro de infravermelho a laser foi introduzido, e o cão foi condicionado a não apresentar nenhuma resposta ao dispositivo. O condutor emitia o comando “fica”, e o termômetro de infravermelho a laser era utilizado no pelo do animal. O cão era recompensado quando permanecia imóvel e não apresentava respostas ao dispositivo, seguindo a mesma forma de recompensa mencionada anteriormente.

Para o uso do termômetro clínico digital, foi adotada a seguinte estratégia: momentos antes da inserção do termômetro (por 5 segundos), era oferecido patê de carne, uniformemente espalhado em uma tábua de madeira revestida com plástico filme, para os cães. Nesse momento, os cães ficavam focados no alimento enquanto o termômetro era inserido no reto do animal. Após a estabilização da temperatura retal, o termômetro era removido, e os cães eram recompensados com interação física e palavras de incentivo.

Após o condicionamento comportamental, os cães foram avaliados antes, durante e após os passeios ao ar livre. Em caso de chuva, a atividade era interrompida ou não realizada. As coletas ocorreram em diversos horários do dia e em três períodos distintos: manhã, tarde e noite. No total, foram realizadas 135 coletas, com uma duração média aproximada de 42 minutos cada. Cada coleta consistia em 12 minutos de caminhada, 20 minutos de descanso e 10 minutos para coleta de variáveis fisiológicas do animal e variáveis meteorológicas do ambiente.

Quinze minutos antes do início do passeio, os cães eram colocados na guia. Após esse período, todas as medidas do animal e do ambiente eram coletadas. Em seguida, o passeio iniciava-se com uma velocidade padronizada de 1,0 m/s (equivalente a 3,6 km/h). Após 6 minutos de caminhada, as medidas do animal e do ambiente eram coletadas novamente no local em que estivessem. Em seguida, a caminhada continuava por mais 6 minutos. Após esse último período de caminhada, as medidas eram coletadas novamente, com o animal ainda no local do exercício.

Ao término dessas coletas, os cães eram conduzidos a um ambiente sombreado e com disponibilidade de 2 litros de água. Nesse ambiente, os cães tinham liberdade para expressar seus comportamentos naturais. Os comportamentos termorregulatórios, como posição adotada pelos cães, eram observados e registrados a cada minuto durante todo o período de descanso, com o auxílio de um etograma previamente elaborado. Após 10 minutos de descanso, as variáveis fisiológicas e meteorológicas eram medidas novamente, seguidas de um último período de repouso (+10 min.), no qual as coletas eram realizadas pela última vez. Ao final das coletas, o restante da água disponibilizada aos cães era quantificado e descartado.

Com essas etapas, foram realizadas as preparações dos animais e o procedimento experimental para a coleta de dados fisiológicos e comportamentais durante os passeios ao ar livre.

### **3.4.3 Variáveis Fisiológicas, Comportamentais e Meteorológicas**

As seguintes variáveis fisiológicas foram coletadas dos animais: frequência respiratória ( $F_R$ ), temperatura retal ( $T_R$ )(°C), temperatura de pele ( $T_{Pele}$ )(°C), temperatura do coxim da pata

( $T_{\text{Cox}}$ )(°C) e as temperaturas do pelame no dorso ( $T_{\text{Dor}}$ )(°C), cabeça ( $T_{\text{Cab}}$ )(°C) e costado ( $T_{\text{Cos}}$ )(°C).

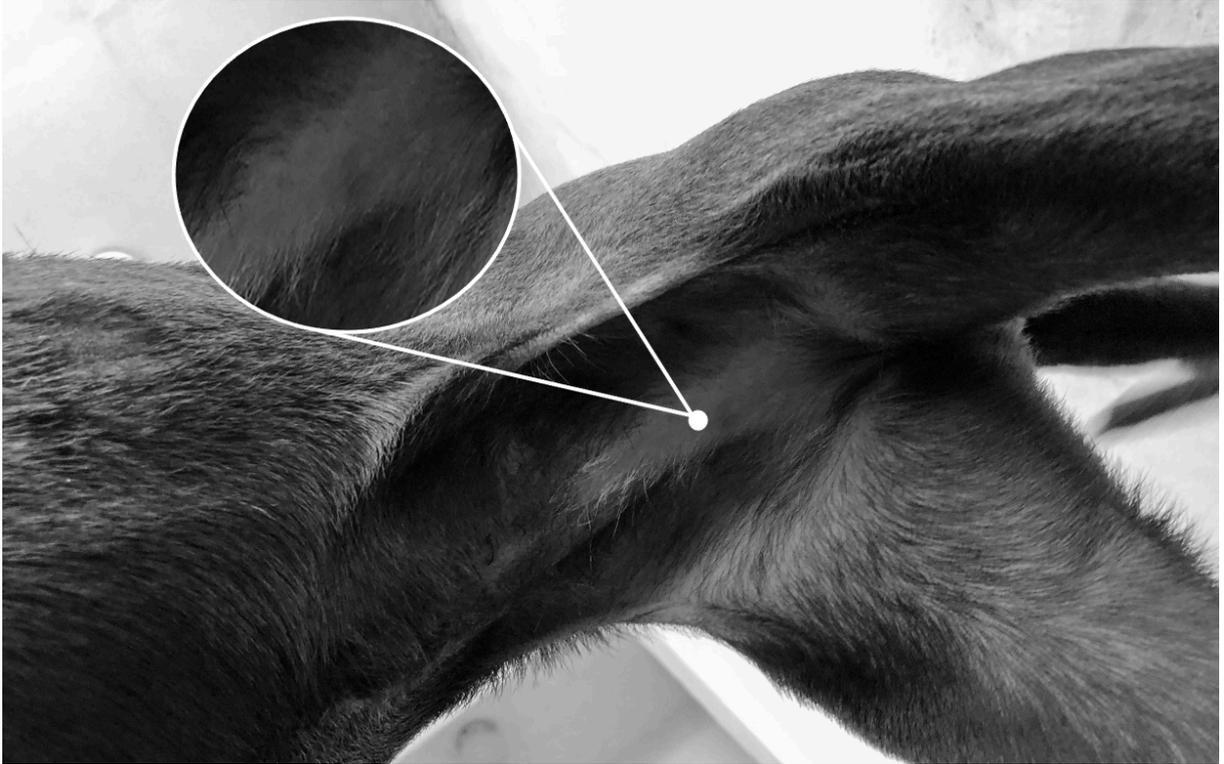
A  $F_R$  foi avaliada visualmente por um único observador, que observava e contava os movimentos torácicos do animal enquanto escutava sua respiração simultaneamente (Figura 1). Antes do início do experimento, o observador passou por um treinamento que envolveu a avaliação da  $F_R$  de diferentes cães por meio de vídeos. Inicialmente, o observador assistiu a um vídeo de um cão ofegante em velocidade normal (1x) e analisou sua  $F_R$ . Em seguida, o vídeo foi reproduzido em câmera lenta para permitir a observação da  $F_R$  real.



**Figura 1.** Posição para avaliação da respiração do cão e contagem dos movimentos torácicos simultaneamente (cão “Sem nome” (5)).

A  $T_R$  foi medida utilizando um termômetro clínico digital modelo G-Tech TH1027 inserido 3cm no reto do animal, aguardando a estabilização da temperatura indicada por um sinal sonoro do aparelho.

A  $T_{\text{Pel}}$  foi medida usando um termômetro digital infravermelho a laser modelo Fluke 566 na região ventral do cão, que normalmente possui menos pelos (Figura 2). Quando necessário, os pelos da região foram removidos em um diâmetro de aproximadamente 5 cm para expor a pele e permitir a medição.



**Figura 2.** Região ventral sem pelos (cão Suzy (2)) utilizada para medir a temperatura da pele ( $T_{Pel}$ ).

Para a coleta de dados relacionados à temperatura da almofada do coxim ( $T_{Cox}$ ) de uma das patas dianteiras do cão, foi utilizado o termômetro digital infravermelho a laser (Fluke 566). Da mesma forma, as temperaturas do pelame ( $T_{Dor}$ ,  $T_{Cab}$  e  $T_{Cos}$ ) também foram medidas utilizando o termômetro digital infravermelho a laser (Fluke 566).

Os comportamentos termorregulatórios foram registrados minuto a minuto durante todo o período de descanso, que teve duração de 20 minutos. Para isso, foi utilizado um etograma como referência, observando-se os seguintes comportamentos: decúbito ventral, decúbito em casulo, decúbito lateral, decúbito sobre os membros e em pé/sentado.

As variáveis meteorológicas coletadas do ambiente incluíram a temperatura do solo ( $T_{Solo}$ ) em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ), a temperatura do ar ( $T_A$ ) em  $^{\circ}C$ , umidade relativa do ar ( $U_R$ ) em porcentagem (%) e as temperaturas de globo negro ao sol ( $TGN_{Sol}$ ) e à sombra ( $TGN_{Sombra}$ ) também em  $^{\circ}C$ .

A temperatura do solo ( $T_{Solo}$ ) foi medida utilizando o mesmo termômetro digital infravermelho a laser (Fluke 566) utilizado para as variáveis fisiológicas, com distância aproximada de 15 cm. A temperatura do ar ( $T_A$ ) e a umidade relativa do ar ( $U_R$ ) foram registradas utilizando um termohigrômetro digital modelo AK28.

As temperaturas de globos negros foram aferidas utilizando um termômetro de mercúrio modelo INCOTERM 5042.20 inserido em uma esfera de plástico pintada com tinta preta fosca.

Um globo permaneceu à sombra, enquanto o outro estava exposto à radiação solar direta. Ambos os globos foram pendurados à altura correspondente à altura dos cães e afastados de outras superfícies que pudessem interferir na temperatura do equipamento.

#### 3.4.4 Análise Estatística

Os dados fisiológicos foram analisados como medidas repetidas ao longo do tempo. Utilizaram-se modelos generalizados mistos para testar o efeito da carga térmica experimentada e o tempo de caminhada dos cães sobre as temperaturas corporais, frequência respiratória e ingestão de água. O animal foi incluído como um efeito aleatório no modelo. Além disso, foram aplicados modelos de regressão logística com distribuição multinomial para avaliar a probabilidade dos animais se deitarem em diferentes posições.

A influência das condições meteorológicas nas respostas dos cães durante o passeio foi resumida em uma única variável preditora chamada Índice de Estresse Térmico (ITE). O ITE foi construído utilizando uma análise de componentes principais não categórica. Primeiramente, as variáveis fisiológicas foram resumidas em uma única variável, o ITE, utilizando os autovetores do componente principal com maior autovalor CP1:

$$TPel(0,428) + TR(0,337) + FR(0,4202) + TDor(0,4278) + TCab(0,4140) + TCox(0,4142)$$

Em que:

*TPel*: temperatura da pele;

*TR*: temperatura retal;

*FR*: frequência respiratória;

*TDor*: temperatura do pelame do dorso;

*TCab*: temperatura do pelame da cabeça;

*TCox*: temperatura do coxim da pata.

Modelos de regressão múltipla foram aplicados para prever o ITE com base nas variáveis meteorológicas durante o passeio. O melhor modelo, selecionado para predição do ITE foi definido com base no maior valor (0,92), sendo descrito:

$$(1,2779) + TGS(0,1541) - TGN(1,2365) + TA(5,5746) - UR(0,2965) + TS(1,6021)$$

Em que:

*TGS*: temperatura do globo negro ao sol;

*TGN*: temperatura do globo negro na sombra;

*TA*: temperatura do ar;

*UR*: umidade relativa do ar;

*TS*: temperatura do solo.

Além disso, um modelo de regressão segmentada foi aplicado para determinar o nível crítico do ITE para o passeio dos cães. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R 4.1.0 (R Core Team, 2021).

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os valores meteorológicos registrados durante as coletas de dados com os cães.

**Tabela 3.** Dados meteorológicas coletados durante o estudo.

Variáveis meteorológicas	Média	Máxima	Mínima
Temperatura do ar ( $T_A$ , °C)	25,3	32,0	19,0
Umidade relativa do ar ( $U_R$ , %)	77	99	39
Temperatura de globo negro à sombra ( $TGN_{Sombra}$ , °C)	26,0	33,0	19,0
Temperatura de globo negro ao sol ( $TGN_{Sol}$ , °C)	31,9	50,0	19,0
Temperatura do solo ( $T_{Solo}$ , °C)	27,9	47,2	20,1

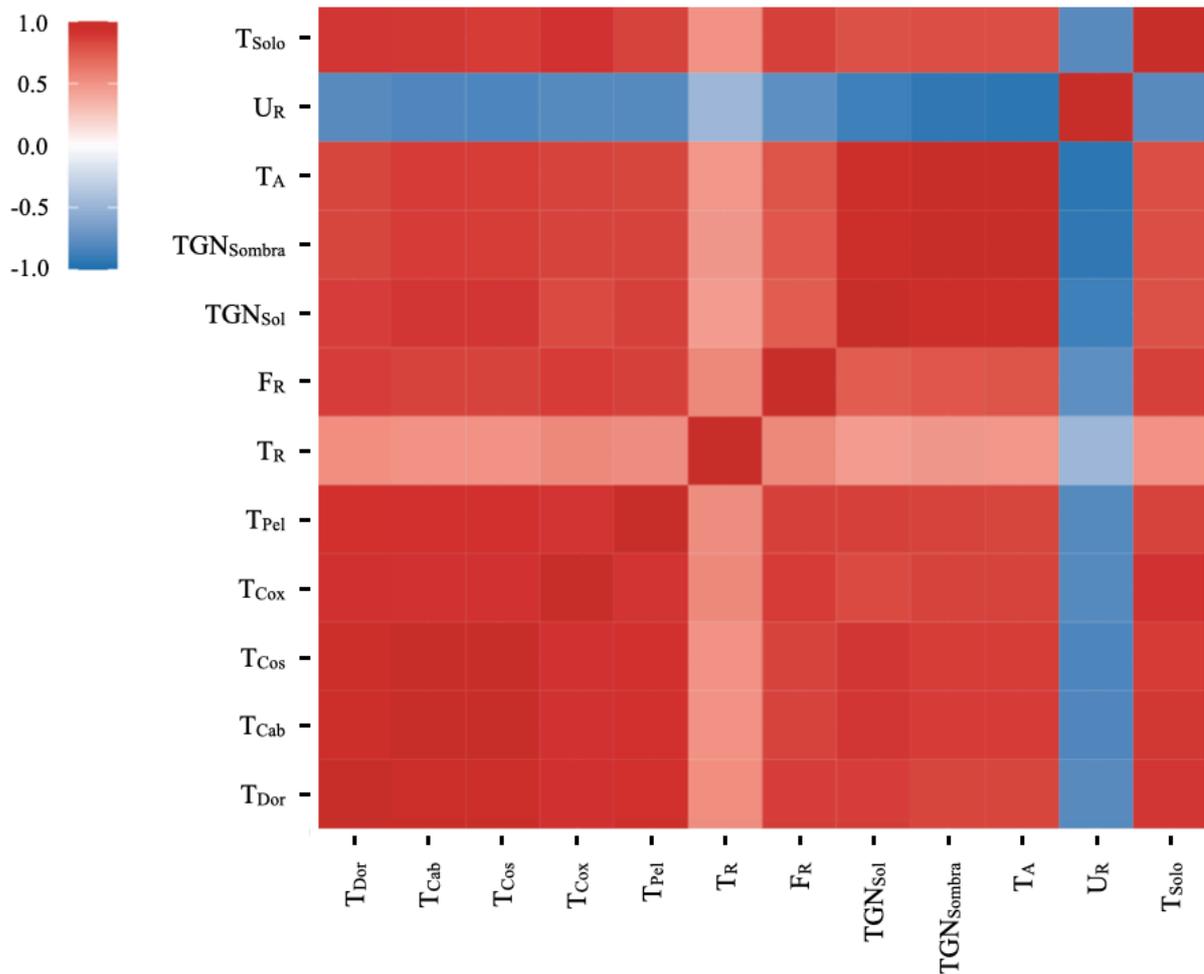
A temperatura máxima registrada pode representar um desafio para os cães, uma vez que está associada a condições de calor intenso. No entanto, a temperatura média de 25,3°C está de acordo com as temperaturas médias anuais encontradas em climas tropicais e pode ser considerada confortável para os cães, levando em consideração as características da raça e do ambiente em que estão inseridos (RENAUDEAU et al. 2010).

É importante observar a grande diferença entre os valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas, o que pode ser atribuído aos diferentes horários de coleta, tanto diurnos quanto noturnos. A coleta de dados durante a noite provavelmente contribuiu para os valores elevados de umidade relativa ( $U_R$ ), uma vez que a região e o período do estudo apresentam características de alta  $U_R$ .

Em relação às temperaturas de globo negro, pode-se observar uma variação proporcional entre os valores da  $T_A$  e do  $TGN_{Sombra}$ , com uma diferença máxima de 1°C. No entanto, as temperaturas de globo negro em área exposta ao sol ( $TGN_{Sol}$ ) são significativamente mais elevadas em comparação com as de área sombreada ( $TGN_{Sombra}$ ). A ampla variação nas temperaturas de globo negro em área exposta ao sol ocorre devido aos diferentes níveis de exposição à radiação solar direta durante os horários de coleta.

As temperaturas médias (27,9 °C) e mínima (20,1°C) do solo não apresentam riscos para os coxins das patas dos cães. No entanto, o valor máximo de 47,2 °C observado representa uma temperatura elevada. O contato prolongado com uma superfície pavimentada a essa temperatura durante mais de 12 minutos (duração do passeio) pode causar desconforto ao caminhar e até mesmo graves lesões térmicas nas patas desses animais.

Esses dados meteorológicos são cruciais para avaliar o ambiente térmico ao qual os cães foram expostos durante o estudo. Eles fornecem informações valiosas sobre as condições ambientais que podem afetar a saúde e o bem-estar dos cães, permitindo uma melhor compreensão dos riscos associados ao estresse térmico durante as caminhadas ao ar livre.



**Figura 3.** Correlograma das variáveis meteorológicas e fisiológicas dos cães ( $n = 5$ ) medidas durante o passeio e em repouso posteriormente.

Dentro da matriz de correlação (Figura 3) observa-se que a  $U_R$  apresenta uma forte correlação negativa com as outras variáveis ambientais, indicando uma relação inversa. Por outro lado, a  $T_R$  mostra uma correlação fraca com a maioria das outras variáveis, com exceção das  $T_{Cox}$ ,  $T_{Pel}$  e  $F_R$ , com as quais apresenta uma correlação moderada de 0.5. Além disso, a  $T_R$  apresenta uma forte correlação consigo mesma (1.0).

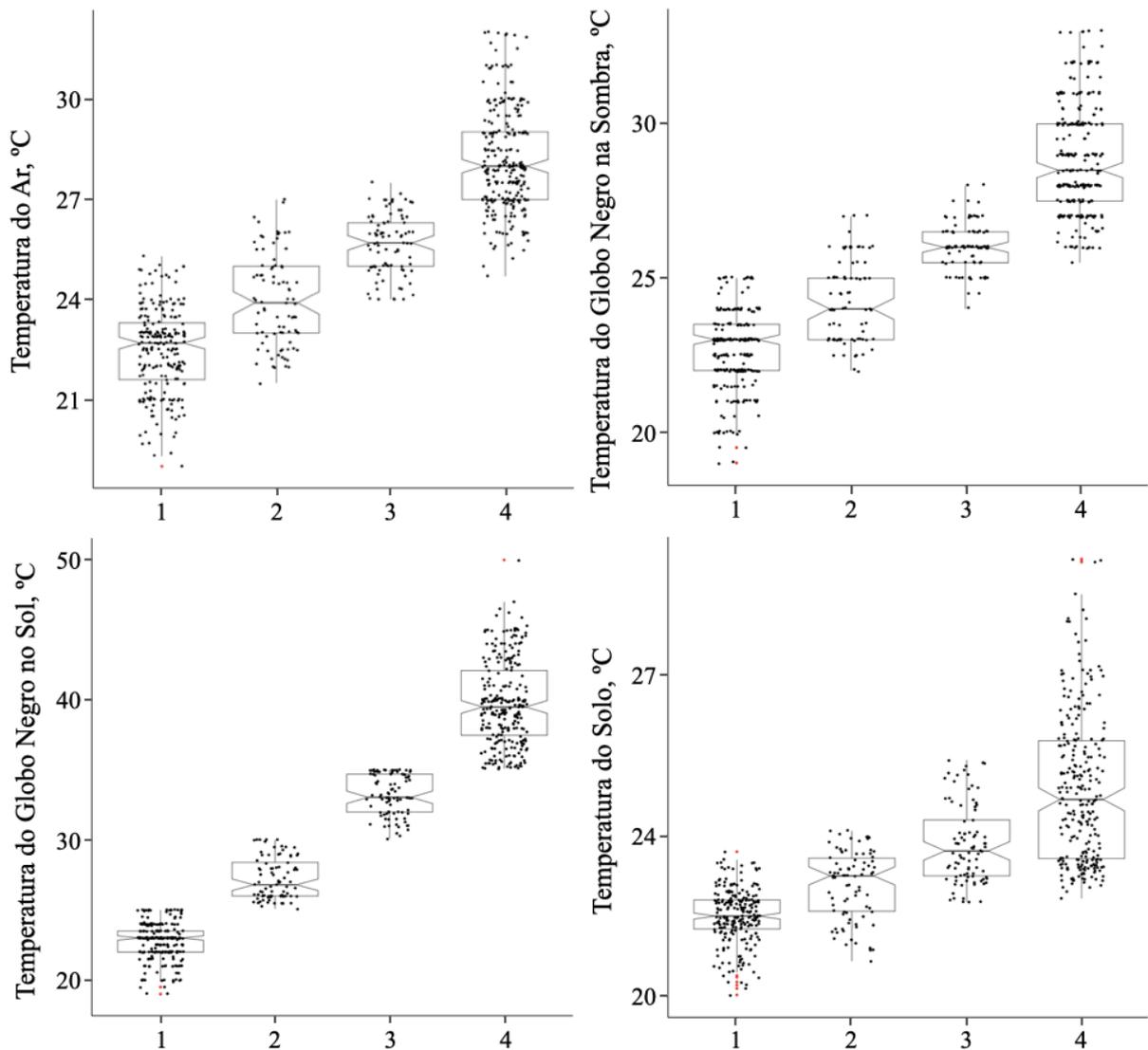
As temperaturas do pelame ( $T_{Dor}$ ,  $T_{Cab}$  e  $T_{Cos}$ ) têm uma correlação forte entre si (1.0), assim como, a  $T_A$  e as  $TGN_{Sombra}$  e  $TGN_{Sol}$ . Esses grupos também apresentam uma boa correlação de 0.5 entre si, evidenciando o efeito do ambiente sobre os cães. Essas correlações consistentes e proporcionais entre as variáveis ambientais e as respostas fisiológicas dos cães

corroboram com os resultados obtidos, demonstrando o impacto significativo do ambiente nas respostas fisiológicas dos cães durante o passeio.

Na Figura 4, os dados revelam uma variação proporcional entre as variáveis meteorológicas e as classes de temperatura de globo negro (TGN) que foram definidas, sugerindo que a utilização dessa variável pode ser eficaz na avaliação do ambiente térmico. A temperatura do ar ( $T_A$ ) desempenha um papel crucial nos modelos de balanço térmico, uma vez que afeta diretamente o controle térmico do animal. Por outro lado, a TGN, é aplicada em vários índices de estresse por calor, pois é uma variável meteorológica essencial para compreender o efeito da radiação solar no organismo (HAJIZADEH et al., 2017).

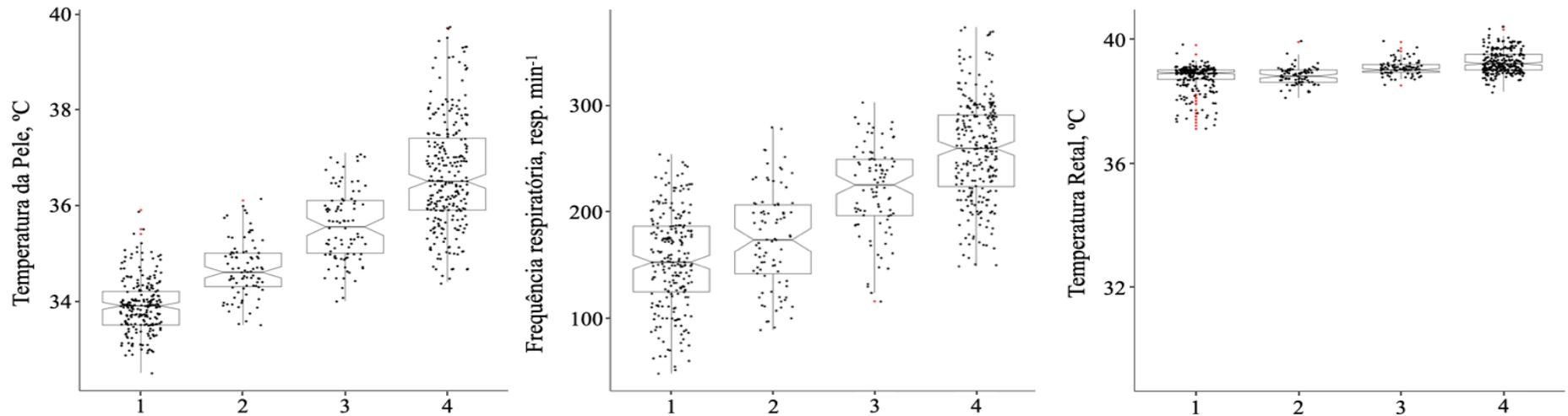
É importante destacar que a inclusão da radiação solar no modelo de equilíbrio térmico é fundamental para evitar erros na interpretação dos dados. Estudos conduzidos por Mitchell et al. (2018) enfatizam que a omissão da radiação solar em estudos com animais expostos à radiação pode gerar distorções na análise e compreensão dos resultados.

Dessa forma, considerando a relevância da radiação solar e a influência da temperatura do ar nas respostas fisiológicas dos animais, a inclusão adequada dessas variáveis nos modelos de equilíbrio térmico é crucial para uma interpretação correta dos dados obtidos em estudos de ambiente térmico em animais.

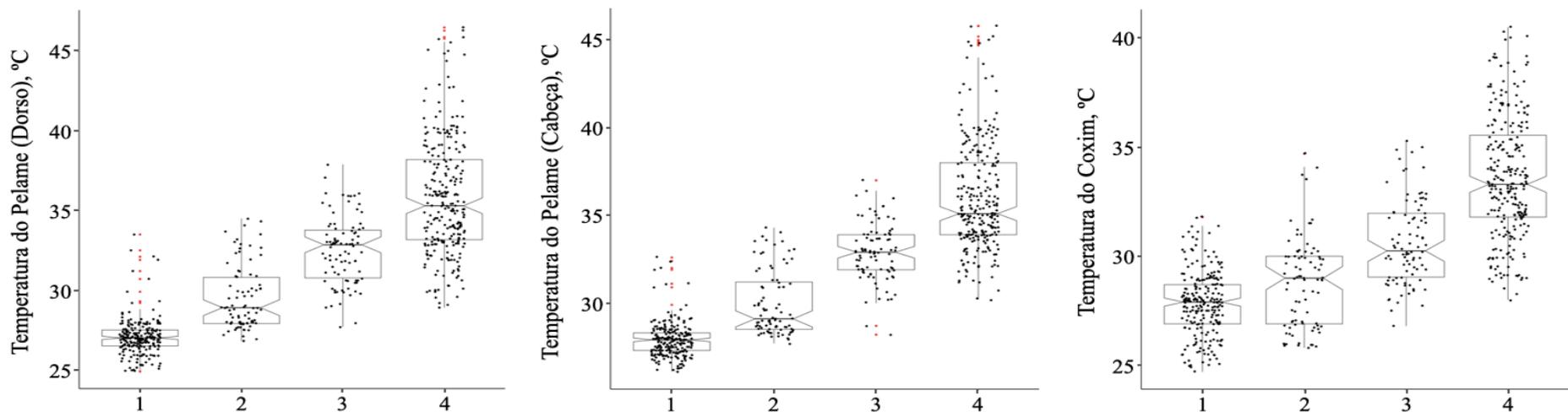


**Figura 4.** Condições térmicas ambientais experimentadas pelos cães ( $n = 5$ ) durante o passeio/descanso nas 4 classes de TGN definidas. Primeira classe (1):  $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} > 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} > 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .

Na Figura 5, à medida que a TGN aumenta, ou seja, da primeira classe (1) até a quarta classe (4), fica evidente que a regulação da temperatura corporal se torna mais desafiadora para os cães. Embora tenham conseguido manter suas temperaturas corporais dentro de uma faixa estreita, esse controle térmico foi alcançado às custas de um aumento da  $F_R$  e na  $T_{\text{Pel}}$ , o aumento da  $T_{\text{Pel}}$  é influenciado pela vasodilatação periférica e pela incidência direta da radiação solar sobre a superfície do animal. Essa resposta fisiológica é uma estratégia dos cães para favorecer a dissipação de calor por meio das trocas sensíveis (ALMEIDA et al., 2020).



**Figura 5.** Distribuição das temperaturas da pele e retal, assim como, a taxa respiratória dos cães ( $n = 5$ ) durante o passeio/descanso em função das 4 classes de TGN. Primeira classe (1):  $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} > 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} > 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .



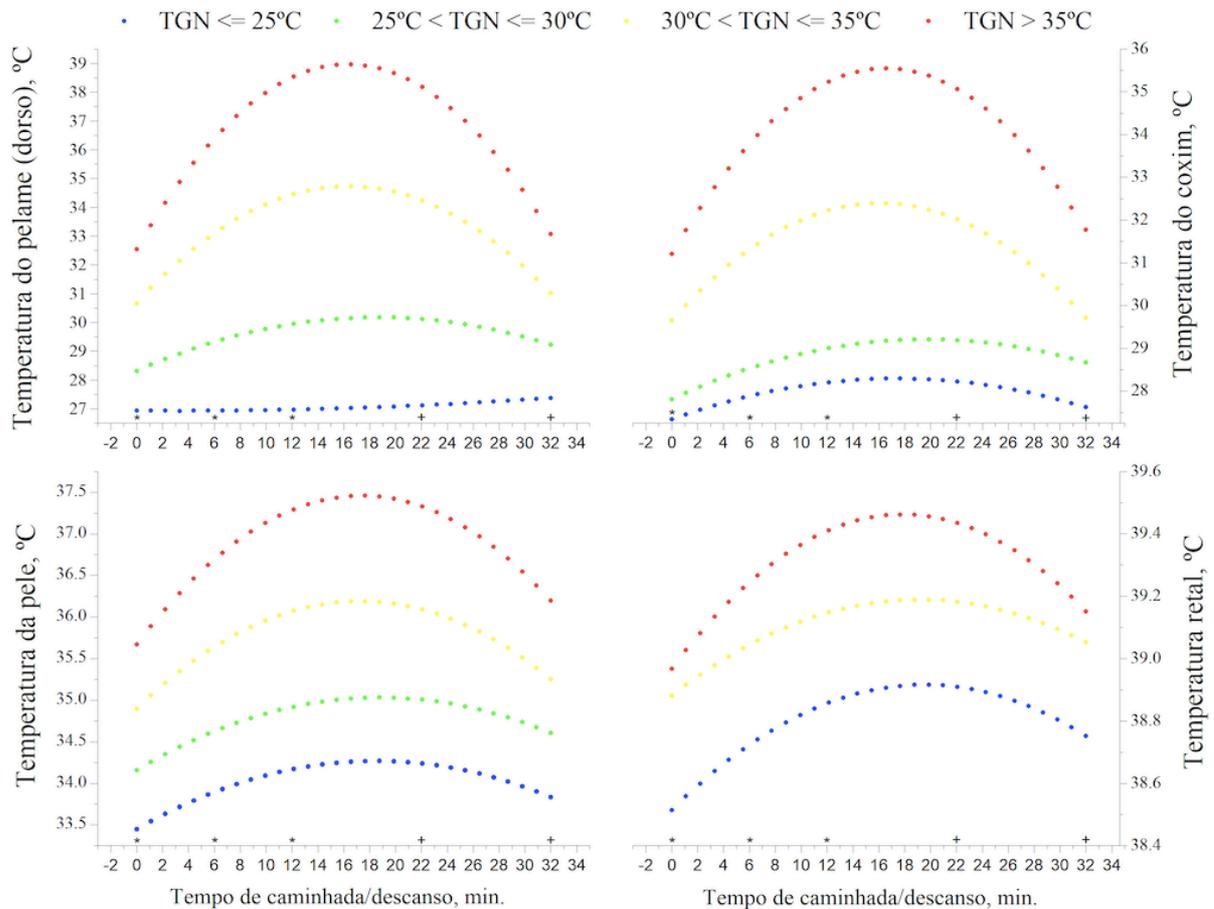
**Figura 6.** Distribuição das temperaturas do pelame (Dorso e Cabeça), assim como, do coxim da pata dos cães ( $n = 5$ ) durante o passeio/descanso em função das 4 classes de TGN. Primeira classe (1):  $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} > 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} > 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .

Embora seja possível observar na Figura 5 que os cães conseguiram manter suas  $T_R$  dentro de uma faixa estreita (38 - 39 °C), foi observado durante a última classe de TGN valores máximos superiores a 40 °C. É importante ressaltar que o período de passeio e exposição às altas cargas térmicas radiantes foi de apenas 12 min. Sendo assim, é provável que, se expostos a caminhadas mais longas com as mesmas variáveis ambientais observadas, os cães apresentem dificuldades para manter suas  $T_R$  dentro dos limites seguros.

Além disso, as temperaturas do pelame ( $T_{Dor}$  e  $T_{Cab}$ ) (Figura 6) dos cães seguiram o mesmo padrão observado para  $F_R$  e  $T_{Pel}$ . Ou seja, à medida que a TGN aumentou, as temperaturas do pelame também se elevaram, indicando um potencial sobrecarga de calor a que os cães foram expostos. A coloração predominantemente escura dos cães avaliados (n=5), também pode ter contribuído para o aumento da  $T_{Pel}$ , pois estudos mostram que animais de pelagem preta absorvem mais calor por radiação solar direta, o que afeta a sua taxa respiratória (Maia et al. (2020).

A Figura 6 demonstra que a  $T_{Cox}$  apresentou uma variação proporcional ao aumento da carga térmica experimentada, seguindo o mesmo padrão das temperaturas do pelame (Dorso e Cabeça). Estes resultados mostram como a alta carga térmica radiante pode ter um impacto negativo nos cães, não apenas diretamente, mas também indiretamente, contribuindo para o aumento da  $T_{Solo}$  em que os cães transitam, conforme ilustrado na Figura 4.

Foust e Headlee (2017), em um estudo com bovinos de corte, observaram que os animais reduziram o pastejo e buscaram mais sombra nos horários de maior temperatura do globo negro, sendo que a máxima registrada foi de 41,3 °C, enquanto no presente estudo foi de 50 °C. Esses animais tinham acesso a pastagens com disponibilidade de abrigo do sol e usavam a busca por sombra como mecanismo comportamental de termorregulação. No caso dos cães em passeio, eles geralmente acompanham seus tutores, o que os impede de escolher sair da exposição direta à radiação solar para se abrigar na sombra quando necessário. Essa situação pode causar problemas para os cães durante as caminhadas, e a falta de conhecimento tanto sobre o comportamento do cão, quanto sobre o ambiente térmico, por parte dos tutores pode agravar ainda mais as dificuldades encontradas pelos animais para manter sua homeostase.



**Figura 7.** Temperaturas corporais dos cães (n = 5), previstas a cada minuto, em função do tempo de caminhada/descanso (X) e carga térmica experimentalada (Y). \*Valores observados/medidos durante caminhada. +Valores observados durante descanso.

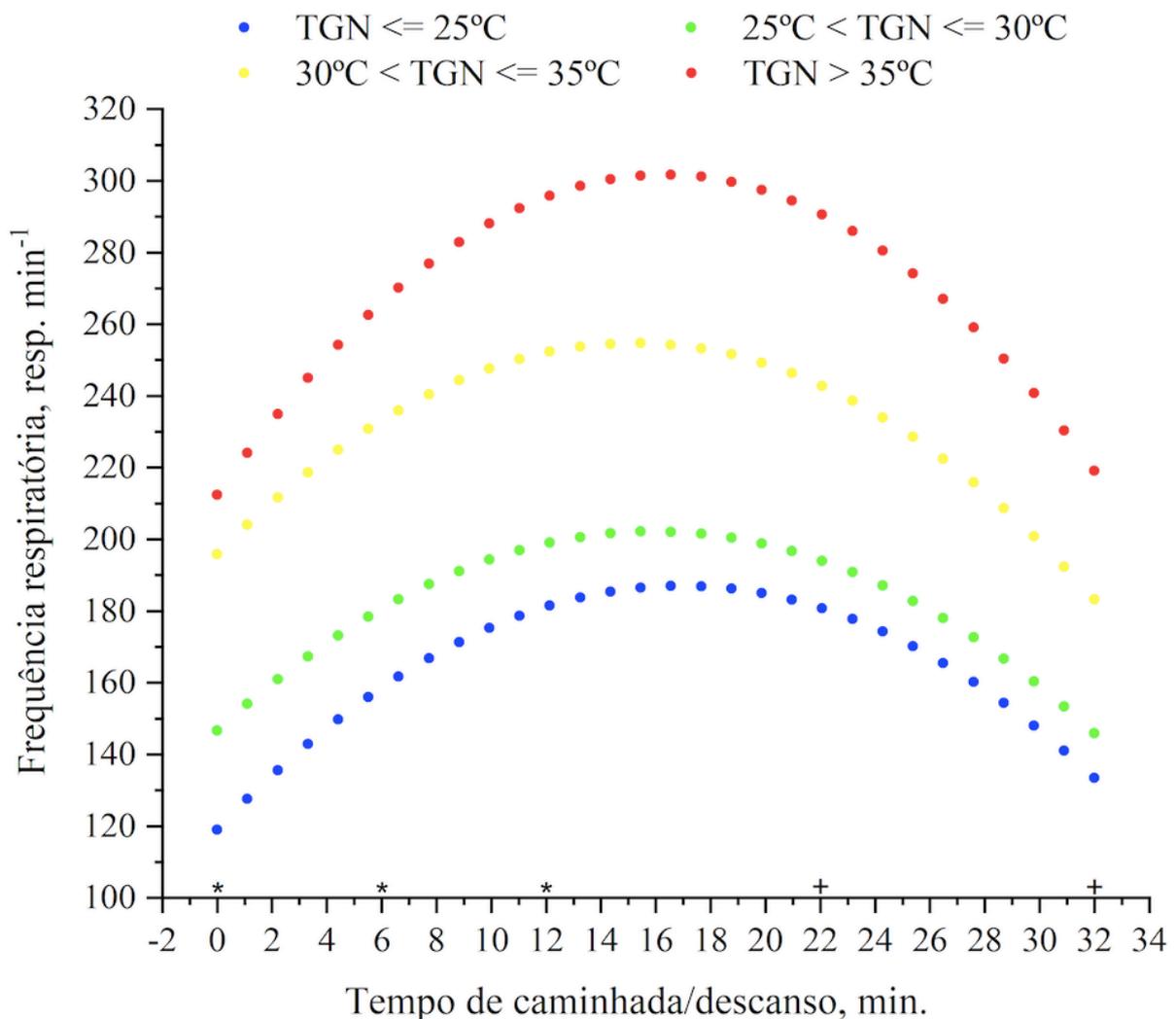
Na Figura 7, ao comparar os passeios realizados em períodos com TGN abaixo de 25 °C e TGN acima de 35 °C, (primeira classe e a quarta classe, respectivamente), é evidente um aumento nas várias fisiológicas dos cães. A  $T_{Dor}$  variou em 20,5 °C (25,6 - 46,1 °C), a  $T_{Pel}$  em 7,2 °C (32,5 - 39,7 °C) e a  $T_{Cox}$  em 15,8 °C (24,7 - 40,5 °C). Essas variações demonstram o desafio enfrentado pelos cães para manter seu equilíbrio térmico em níveis relativamente constantes durante as classes de TGN acima de 30 °C.

Ainda é possível destacar a existência de uma faixa segura para caminhadas ao ar livre com base nas classes de TGN. Até a segunda classe, os cães conseguiram manter suas temperaturas dentro de uma faixa aceitável, sem a necessidade de um gasto excessivo para a manutenção da sua temperatura corporal.

No entanto, independente das classes de TGN, durante a atividade de passeio, houve um aumento nas variáveis fisiológicas dos cães. No período de descanso à sombra, observou-se uma tendência dessas temperaturas retornarem aos níveis próximos do ponto inicial (0). Esses resultados são consequência da redução do calor gerado pelo exercício da caminhada e da

interrupção da exposição à radiação solar direta.

Ao analisar isoladamente a  $T_R$  na Figura 7, é possível observar uma pequena variação (38 - 39 °C). Embora os cães tenham conseguido manter essa faixa estreita de variação durante os passeios nas primeiras classes de TGN, durante os períodos de TGN acima de 35 °C, os valores de  $T_R$  começaram a ultrapassar os 39 °C e se tornaram preocupantes. Em um estudo realizado por Zanghi (2016), que avaliou a variação da temperatura retal de cães da raça labrador retriever durante uma atividade recreativa em ambiente interno com duração de 30 minutos, observou-se que os animais apresentaram uma  $T_R$  média de 39,7 °C. Somente após 15 minutos de repouso, a temperatura retal voltou a uma faixa semelhante a inicial, de 38,8 °C. Esse tempo de recuperação da  $T_R$  mesmo após o término do exercício, também foi observado no presente estudo, uma vez que apenas após um período de descanso os valores de  $T_R$  observados tiveram redução.



**Figura 8.** Frequência respiratória dos cães (n = 5), previstas a cada minuto, em função do tempo de caminhada/descanso (X) e carga térmica experimentada (Y). \*Valores observados durante caminhada; +Valores observados durante descanso.

As curvas da Figura 8 representam os comportamentos da taxa respiratória em diferentes condições de temperatura do globo negro (TGN) durante passeio e descanso de cães. Os resultados mostram que a taxa respiratória aumenta proporcionalmente de acordo com as classes de TGN. No entanto, quando comparados os passeios realizados em períodos com TGN abaixo de 25 °C e acima de 35 °C, observa-se um aumento intenso na  $F_R$ , sendo 47 resp.  $\text{min}^{-1}$  o mínimo durante a primeira classe, e 374 resp.  $\text{min}^{-1}$  o máximo durante a última classe, ou seja, um aumento de 327 resp.  $\text{min}^{-1}$ . Esses dados corroboram com o aumento da temperatura das variáveis fisiológicas ( $T_{Dor}$ ,  $T_{Pel}$ ,  $T_{Cox}$  e  $T_R$ ) observadas na Figura 7, demonstrando o quanto é custoso para o animal manter a sua homeostase dentro de uma faixa de carga térmica intensa. Isso ainda indica que o aumento da temperatura das variáveis fisiológicas também influencia a taxa respiratória, mostrando o desafio que os cães enfrentam para manter a homeostase em condições de carga térmica intensa.

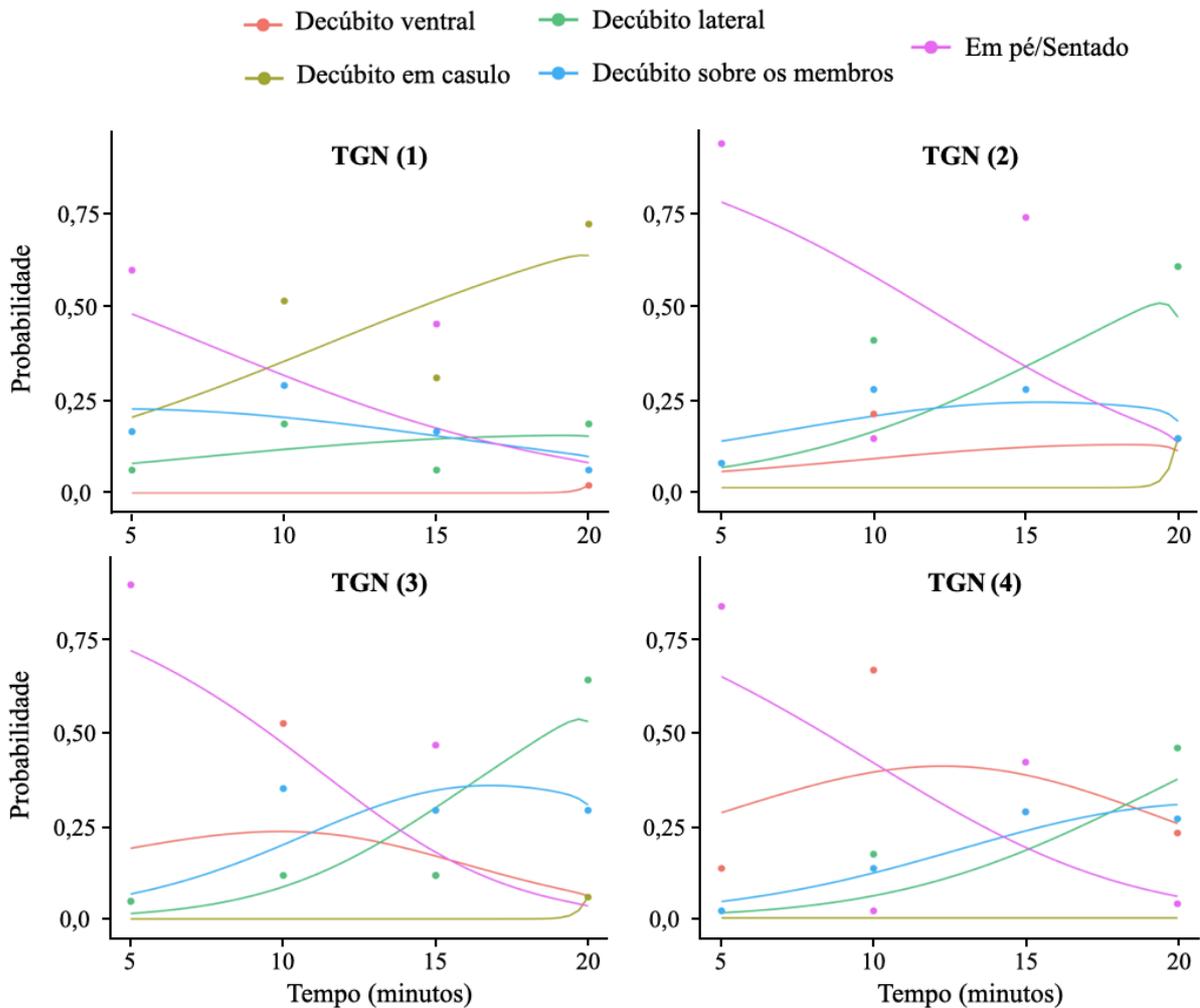
Na primeira classe de TGN ( $25^\circ\text{C} \geq \text{TGN}$ ), a taxa respiratória atingiu um pico de 180 resp.  $\text{min}^{-1}$  entre os minutos 16 e 18 após o passeio, com uma redução acentuada após os primeiros 10 minutos de descanso. Nas outras classes de  $\text{TGN}_{Sol}$ , os movimentos respiratórios já eram mais elevados desde o início, atingindo um pico de mais de 200 resp.  $\text{min}^{-1}$  e persistindo até o minuto 17, quando o animal já estava em repouso. Essa redução na taxa respiratória sempre começou em torno do minuto 17 em diante, exceto na quarta classe, em que a redução só começou por volta do minuto 19, o que demonstra o maior efeito da carga térmica radiante experimentada durante o passeio realizado nesta classe. Essas diferenças iniciais na taxa respiratória não ocorrem apenas devido às diferenças na TGN, uma vez que os animais ainda estão na sombra, mas também devido a outros fatores térmicos do ambiente e às particularidades individuais de cada animal.

Durante a exposição à quarta classe de TGN, o aumento dos movimentos respiratórios persistiu até o minuto 19, com pico médio em 300 resp.  $\text{min}^{-1}$ . Nessa classe, a taxa respiratória no minuto “0” estava em 211 resp.  $\text{min}^{-1}$ , mostrando o um possível efeito indireto da radiação solar. Esse aumento intenso em um curto espaço de tempo demonstra claramente o impacto da radiação solar, que não foi observado nas outras classes de TGN.

É importante ressaltar que não é fácil estabelecer uma taxa respiratória padrão para cães domésticos, devido às diferentes raças, características individuais, condições corporais e condicionamento físico. No entanto, em um estudo anterior (ANTINK et al., 2019) relatou uma média de 166,5 resp.  $\text{min}^{-1}$  para cães em repouso e sem exposição direta ao sol. No estudo atual, o valor médio da taxa respiratória foi de 206 resp.  $\text{min}^{-1}$ , o que pode ser justificado pelo passeio e pela exposição direta à radiação solar.

Com base na projeção da curva, é provável que um período maior de atividade física em maior exposição à carga térmica radiante resulte em um aumento ainda maior na taxa respiratória. Isso ocorre porque o aumento da taxa respiratória é o mecanismo termorregulatório mais eficiente utilizado pelos cães para dissipar calor para o meio ambiente, por meio da evaporação pelo trato respiratório superior (POTTER et al., 2020).

Embora a atividade física por si só contribua para o aumento da temperatura corporal e ativação dos mecanismos de dissipação de calor por ofegação térmica, a distância entre as duas linhas das classes 1 e 2 e as linhas das classes 3 e 4 na Figura 8 demonstra claramente a influência da radiação solar direta. Nas duas primeiras classes de TGN, em que as observações foram realizadas durante períodos noturnos ou momentos em que o sol está se pondo ou nascendo, o efeito da radiação solar nos cães foi mínimo.



**Figura 9.** Probabilidade da ocorrência dos comportamentos termorregulatórios de posição em cães (n = 5) no período de descanso. Primeira classe (1):  $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .

É possível observar na Figura 9 as modificações relacionadas às classes de TGN na posição de decúbito ventral. Na primeira classe ( $25\text{ °C} \geq \text{TGN}$ ), esse comportamento é nulo, enquanto na última classe ( $\text{TGN} > 35\text{ °C}$ ), a probabilidade dessa posição ser adotada pelo cão é superior a 25% durante todo o período de descanso, atingindo seu pico (40%) por volta do minuto 13.

Esses resultados evidenciam que os cães utilizam essa posição para auxiliar na termorregulação, uma vez que essa região, em sua maioria, é desprovida de pelos, permitindo que a pele fique em contato direto com o piso sombreado durante o repouso, criando assim um gradiente térmico. A Figura 11 reforça essa troca de calor sensível com o ambiente por meio do mecanismo de condução, mostrando um pico na temperatura da pele ( $38\text{ °C}$ ) que se estabiliza em um platô. Esse ponto pode indicar o momento em que o animal atinge sua máxima vasodilatação periférica para favorecer a dissipação de calor através dos mecanismos de trocas sensíveis.

Além disso, é possível observar na Figura 9 a posição decúbito em casulo, que é de grande importância para entender o comportamento termorregulatório dos cães. Essa posição é inversamente proporcional a posição de decúbito ventral. Quando o animal adota essa posição, ele aproxima os membros anteriores e posteriores e os esconde, com o objetivo de minimizar as perdas de calor para o ambiente. O único momento que esse comportamento predomina sobre a posição decúbito ventral é na primeira classe de TGN, que é caracterizada pelas temperaturas mais frias encontradas durante o experimento.

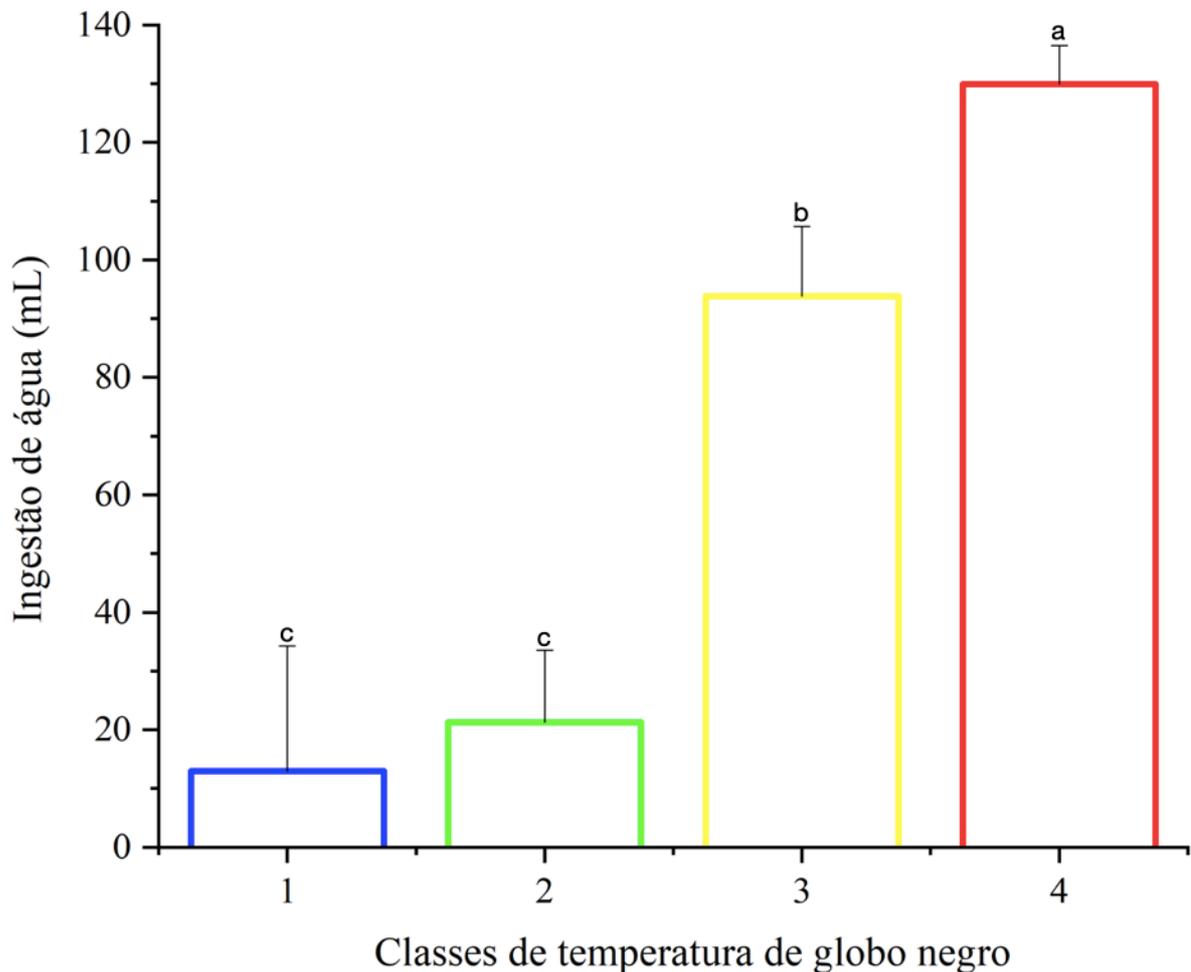
A posição em pé/sentado sempre apresenta um pico no início do período de descanso. Isso pode ser justificado pelo procedimento de coleta, uma vez que, após o passeio, os cães eram conduzidos até uma área sombreada. Portanto, quando o período de descanso se iniciava, os cães já estavam naturalmente nessa posição devido ao procedimento de coleta ter acabado de ocorrer.

De acordo com Cheung e McLellan (1998), em ambientes quentes e/ou durante atividade física sem acesso à água, os cães são facilmente susceptíveis à desidratação, o que, aumenta drasticamente os riscos de insolação. Com base na Figura 10, pode-se avaliar a importância da disponibilidade de água para a termorregulação de cães submetidos a ambientes estressantes de calor.

Quando os cães foram submetidos a passeios de 12 minutos durante períodos com TGN acima de  $35\text{ °C}$ , observou-se um aumento de 2000% na ingestão de água (mínimo de 10mL e máximo de 225mL) em comparação com os períodos de TNG abaixo de  $25\text{ °C}$ . Isso confirma mais uma vez o alto custo que os cães enfrentam para manter sua temperatura corporal nessas

circunstâncias. Além disso, os cães utilizados no experimento eram de porte médio/grande, com um consumo médio diário de água em torno de 500mL. No entanto, quando submetidos à quarta classe de TGN, esses animais ingeriram em média 129mL de água em 20 minutos, chegando a picos de até 225mL. Isso indica que o consumo diário de água desses animais aumentará quando eles forem expostos a ambientes térmicos desafiadores.

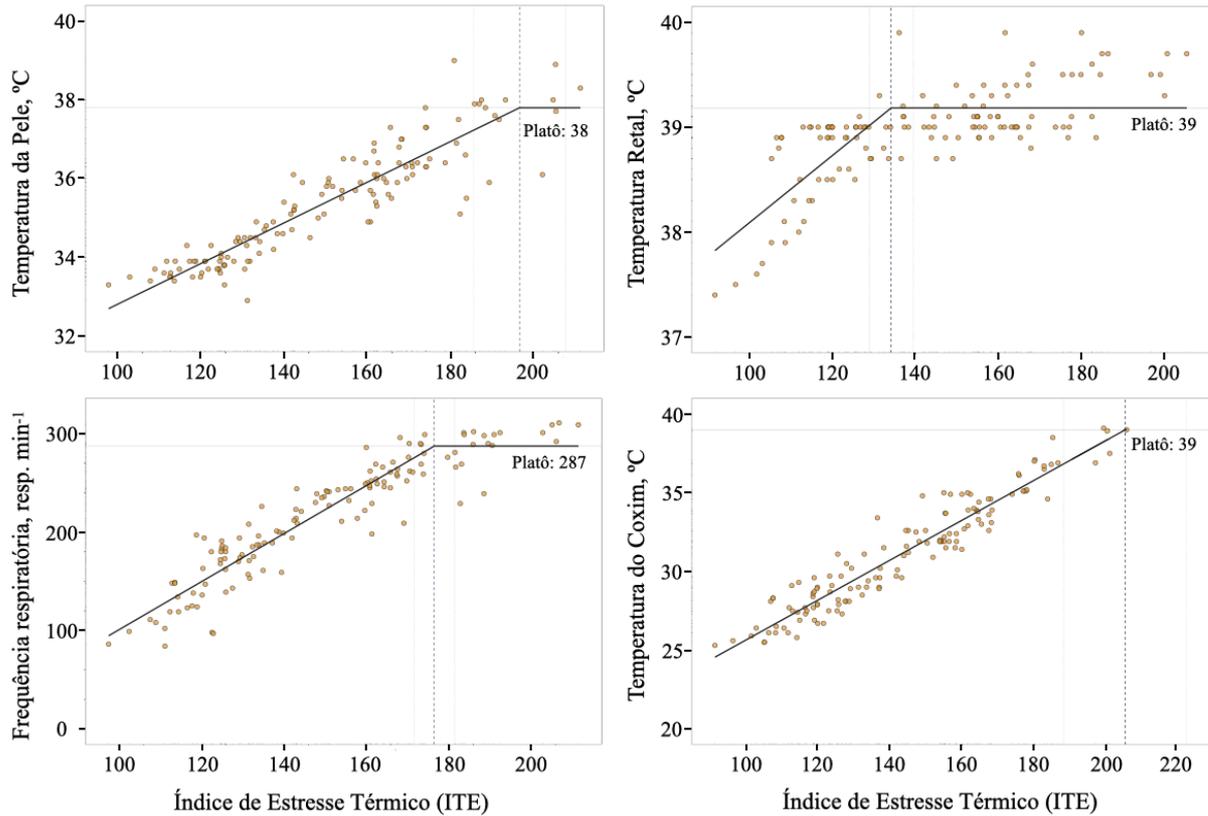
É possível que em passeios com duração mais longa, associados à terceira classe de TGN ( $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ ) e sem acesso a água, os cães possam desenvolver quadros de desidratação. Isso ocorre porque a frequência respiratória pode aumentar consideravelmente, e mesmo assim, não ser suficiente para regular a temperatura corporal do cão adequadamente (BALTZER et al., 2012).



**Figura 10.** Ingestão de água (mL) pelos cães ( $n = 5$ ) durante período de descanso em relação às classes de TGN. Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença estatística significativa entre si, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. Primeira classe (1):  $25^{\circ}\text{C} \geq \text{TGN}$ , segunda classe (2):  $30^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 25^{\circ}\text{C}$ , terceira classe (3):  $35^{\circ}\text{C} \leq \text{TGN} < 30^{\circ}\text{C}$ , quarta classe (4):  $\text{TGN} > 35^{\circ}\text{C}$ .

A Figura 11 representa o Índice de Estresse Térmico (ITE) desenvolvido para essas condições experimentais, variando de 90 a 210. É possível observar que, à medida que o valor

do índice aumenta, indicando um ambiente mais desafiador, as respostas fisiológicas dos cães são observadas com o aumento dos parâmetros fisiológicos. Em relação à temperatura retal, é atingido um platô em torno de 39 °C. A partir desse ponto, sugere-se que o animal utilize todos os mecanismos disponíveis para manter essa temperatura e evitar que ela aumente ainda mais, buscando uma relativa estabilidade. Esse ponto pode ser considerado como o limite em que o animal entra em um quadro de estresse térmico, saindo da zona de conforto térmico inicial.



**Figura 11.** Temperatura da pele ( $T_{Pel}$ ), temperatura retal ( $T_R$ ), temperatura do Coxim ( $T_{Cox}$ ) e frequência respiratória ( $F_R$ ) em função do Índice de Estresse Térmico (ITE).

Portanto, o ponto crítico do ITE foi estabelecido em 170, uma vez que nessa faixa de valores a  $F_R$  atinge um platô de 287 resp. min<sup>-1</sup> e a  $T_{Pel}$  estabiliza em torno de 38 °C. Essas duas variáveis fisiológicas são consideradas as mais importantes para predizer o ponto crítico de estresse térmico. O aumento da taxa respiratória é um indicativo de ativação do mecanismo de evaporação através das vias áreas superiores, que é o mais eficiente quando o animal está exposto a um estresse térmico por calor, e a temperatura da pele é um forte indicador de vasodilatação periférica.

Com base nos valores  $T_{Pel}$  e da  $F_R$ , pode-se inferir que os cães atingem sua máxima capacidade de vasodilatação periférica e de ofego. No entanto, se os cães forem submetidos a um período de atividade física mais longo e/ou mais extenuante do que o utilizado no estudo,

em conjunto com uma carga térmica radiante intensa, é possível que, após atingirem sua capacidade máxima de ofego, ocorra um aumento na profundidade da respiração, resultando em um aumento no volume respiratório corrente. Isso, por sua vez, pode levar o animal a hiperventilar, perturbando o processo de trocas gasosas e potencialmente levando a uma alcalose respiratória (KANTER, 1959; HIGGINS E IAMPIETRO, 1967).

Caso o cão não consiga manter sua homeostase mesmo com a hiperventilação, ele pode enfrentar um quadro severo de desidratação, tornando-se ainda mais susceptível ao desenvolvimento de uma insolação (hipertermia). Isso pode resultar em consequências neurológicas irreversíveis e até mesmo ser fatal para o animal.

Portanto, é fundamental garantir que os cães sejam devidamente monitorados e protegidos em ambientes de estresse térmico, especialmente em situações de atividade física intensa e exposição prolongada à radiação solar. O fornecimento adequado de água e a regulação da intensidade e duração do exercício são medidas importantes para evitar complicações decorrentes do estresse térmico em cães.

### 3.6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados, podemos concluir que cães sem raça definida (SRD) quando expostos a altos níveis de carga térmica radiante, exercem um esforço significativo para manter suas temperaturas corporais dentro de uma faixa estreita. Essa regulação térmica demanda um consumo energético elevado, o que pode impactar a saúde e o bem-estar desses animais.

Além disso, é importante ressaltar que caminhadas devem ser evitadas quando o Índice de Estresse Térmico (ITE) desenvolvido estiver acima de 170. Com base nos valores de  $T_{Pele}$  e  $F_R$ , fica evidente que os cães se tornam mais susceptíveis a desenvolver quadros de hiperventilação nessas circunstâncias. Essas condições representam um risco para a saúde dos cães e devem ser evitadas.

Portanto, é essencial que os tutores dos cães estejam cientes dos riscos associados às altas cargas térmicas durante as caminhadas, especialmente em condições ambientais desfavoráveis. Medidas de proteção, como evitar horários de maior calor, fornecer sombra e água adequada, são fundamentais para garantir a segurança e o conforto dos cães durante as atividades físicas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C.; VIZIN, R. C. L.; BÍCEGO, K. C. Mecanismos termorreguladores em vertebrados. *In*: BÍCEGO, K. C.; GARGAGLIONI, L. H. (org.). **Fisiologia Térmica de Vertebrados**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 91-115.

ANTINK, C. H.; VÄÄTÄJÄ, H.; SOMPPI, S.; TÖRNQVIST, H.; CARDÓ, A. V.; TEICHMANN, D.; VAINIO, O.; SURAKKA, V.; VEHKAOJA, A. Sensor Fusion for Unobtrusive Respiratory Rate Estimation in Dogs. **IEEE Sensors Journal**, 2019, v. 19, n. 16, p. 7072-7081.

APPA (American Pet Products Association), USA. National Pet Owners Survey, 2014-2015. BALTZER, W. I.; FIRSHMAN, A. M.; STANG, B.; WARNOCK, J. J.; GORMAN, E.; McKENZIE, E. C. The effect of agility exercise on eicosanoid excretion, oxidant status, and plasma lactate in dogs.

**BMC Veterinary Research**, 2012, v. 8, n. 249.

BRUCHIM, Y.; KLEMENT, E.; SARAGUSTY, J.; FINKEILSTEIN, E.; KASS, P.; AROCH, I. Heat Stroke in Dogs: A Retrospective Study of 54 Cases (1999-2004) and Analysis of Risk Factors for Death. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, 2006, v. 20, n. 1, p. 38-46.

CHEUNG, S. S.; McLELLAN, T. M. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. **Journal of Applied Physiology**, 1998, v. 84, n. 5, 1731-1739.

CHRISTIAN, H.; BAUMAN, A.; EPPING, J. N.; LEVINE, G. N.; MCCORMACK, G.; RHODES, R. E.; RICHARDS, E.; ROCK, M.; WESTGARTH, C. Encouraging Dog Walking for Health Promotion and Disease Prevention. **American Journal of Lifestyle Medicine**, 2016.

CSOLTOVA, E.; MARTINEAU, M.; BOISSY, A.; GILBERT, C. Behavioral and physiological reactions in dogs to a veterinary examination: Owner-dog interactions improve canine well-being. **Physiology & Behavior**, 2017, v. 177, p. 270-281.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, 2019, v. 39, n. 3, p. 1446-1456.

FLOURNOY, S. W.; WOHL, J. S. Heatstroke in dogs: pathophysiology and predisposing factors. **Compendium: continuing education for veterinarians**, 2003, v. 25, n. 6, p. 410-418.

FOUST, A. M.; HEADLEE, W. L. Modeling shade tree use by beef cattle as a function of black globe temperature and time of day. **International Journal of Biometeorology**, 2017, v. 61, p. 2217-2227.

HALL, E. J.; CARTER, A. J.; O'NEILL, D. G. Incidence and risk factors for heat-related illness (heatstroke) in UK dogs under primary veterinary care in 2016. **Scientific Reports**, 2020, v. 10, n. 1.

- HAJIZADEH, R.; FARHANG DEHGHAN, S.; GOLBABAEI, F.; JAFARI, S. M.; KARAJIZADEH, M. Offering a model for estimating black globe temperature according to meteorological measurements. **Meteorological Applications**, 2017, v. 24, n. 2, p. 303-307.
- HIGGINS, E. A.; IAMPIETRO, P. F. Thermal Panting and The Initiation of Respiratory Alkalosis. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, 1967, v. 45, n. 1, p. 1-12.
- KANTER, G. S. Cause of hypoglycemia in dogs exposed to heat. **American Journal of Physiology**, 1959, v. 196, n. 3, 619-624.
- MAIA, A. S. C.; MILAN, H. F. M.; SIMÃO, B. R.; NASCIMENTO, C. C. N.; FONSÊCA, V. F. C. Fundamentos de transferência de calor aplicados a animais endotérmicos. *In*: BÍCEGO, K. C.; GARGAGLIONI, L. H. (org.). **Fisiologia Térmica de Vertebrados**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 11-67.
- MITCHELL, D.; SNELLING, E. P.; HETEM, R. S.; MALONEY, S. K.; STRAUSS, W. M.; FULLER, A. Revisiting concepts of thermal physiology: Predicting responses of mammals to climate change. **Journal of Animal Ecology**, 2018, v. 87, n. 4, p. 956-973.
- OVERALL, K. J.; TIIRA, K.; BROACH, D.; BRYANT, D. Genetics and Behavior: A Guide for Practitioners. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, 2014, v. 44, n. 3, p. 483-505.
- POTTER, A. W.; BERGLUND, L. G.; O'BRIEN, C. A canine thermal model for simulating temperature responses of military working dogs. **Journal of Thermal Biology**, 2020, v. 91.
- RADAR PET 2021** (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal-SINDAN), 2021. Disponível em: <<https://sindan.org.br/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2023.
- R Core Team** (R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna), 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.
- RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J.-L.; COLLIER, R. J. Adaptation to tropical climate and research strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Advances in Animal Biosciences**, 2010, v. 1, n. 2, p. 378-379.
- WESTGARTH, C.; CHRISTIAN, H. E.; CHRISTLEY, R. M. Factors associated with daily walking of dogs. **BMC Veterinary Research**, 2015, v. 11, n. 116.
- ZANGHI, B. M. Eye and Ear Temperature Using Infrared Thermography Are Related to Rectal Temperature in Dogs at Rest or With Exercise. **Frontiers in Veterinary Science**, 2016, v. 3, n. 111.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES**

Pontos de discussão importantes foram levantados e informações inéditas acerca da termorregulação de cães domésticos sem raça definida (SRD) foram abordadas. Com isso, a preocupação com a influência do ambiente térmico e as condições em que esses animais são submetidos diariamente deve continuar.

Avaliar ainda mais os efeitos do ambiente térmico sobre os cães em situações cotidianas pode esclarecer questões ainda desconhecidas sobre esta espécie tão próxima do ser humano, e com isso, contribuir para que mais pesquisas sejam realizadas e, conseqüentemente, seus resultados possibilitem o desenvolvimento de tecnologias para evitar ou reduzir os efeitos do estresse por calor sobre cães domésticos criados no mundo.