



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**EFEITOS DO AMBIENTE SOBRE AS VARIÁVEIS
FISIOLÓGICAS E PERDA DE CALOR LATENTE EM
CUTIAS (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) EM UMA REGIÃO
SEMI-ÁRIDA**

JOÃO PAULO ARAÚJO FERNANDES DE QUEIROZ
Médico Veterinário

MOSSORÓ - RN - BRASIL
AGOSTO DE 2010

JOÃO PAULO ARAÚJO FERNANDES DE QUEIROZ

**EFEITOS DO AMBIENTE SOBRE AS VARIÁVEIS
FISIOLÓGICAS E PERDA DE CALOR LATENTE EM
CUTIAS (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) EM UMA REGIÃO
SEMI-ÁRIDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia
– UFERSA

MOSSORÓ - RN - BRASIL
AGOSTO DE 2010

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

Q3e Queiroz, João Paulo Araújo Fernandes de.

Efeitos do ambiente sobre as variáveis fisiológicas e perda de calor latente em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) em uma região semi-árida. / João Paulo Araújo Fernandes de Queiroz. -- Mossoró: 2010.

43f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Área de concentração em Bioclimatologia Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação. Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia

1.Cutia. 2.Variável fisiológica. 3.Evaporação. Título.

CDD: 636.089

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza

CRB-15/452

JOÃO PAULO ARAÚJO FERNANDES DE QUEIROZ

**EFEITOS DO AMBIENTE SOBRE AS VARIÁVEIS
FISIOLÓGICAS E PERDA DE CALOR LATENTE EM
CUTIAS (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) EM UMA REGIÃO
SEMI-ÁRIDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

APROVADA EM 13/08/2010

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia (UFERSA)

Orientador

Prof. Dr. Roberto Gomes da Silva (UFERSA)

Primeiro Conselheiro

Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho (UFC)

Segundo Conselheiro

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOÃO PAULO ARAÚJO FERNANDES DE QUEIROZ – nasceu no dia 28 de novembro de 1984, no município de Mossoró-RN. Ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no ano de 2002, concluindo sua graduação em 2007. No ano seguinte, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal desta Instituição, sob a orientação do Professor Doutor Alex Sandro Campos Maia. Enquanto discente, compôs o Núcleo de Biometeorologia, Bem-Estar Animal e Biofísica Ambiental (NUBBEA) e realizou estágio de docência nas disciplinas Comportamento e Bem-Estar Animal e Bioclimatologia Animal.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus que em sua infinita bondade me deu forças para conquistar meus sonhos e uma família maravilhosa.

Minha família, sempre me apoiando nas decisões tomadas ao longo da minha vida.

Ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo esforço constante em manter a qualidade e fazer prosperar a Ciência Animal na UFERSA. Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Benito Soto Blanco, sem o qual este Programa não teria nascido.

Ao Prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira, pela ajuda indispensável na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho, por ter aceitado o convite e prestigiado meu trabalho com sua participação na banca examinadora.

Ao profissional mais admirável que tive a oportunidade de conhecer, Prof. Dr. Roberto Gomes da Silva, que me deu a honra de compor a banca examinadora.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia, que me ajudou a crescer profissionalmente e pessoalmente, estando hoje mais preparado para lutar e alcançar meus objetivos. Agradeço também pelo empenho em melhorar o Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFERSA. Hoje posso colher os frutos que seu trabalho ajudou a cultivar.

Agradeço a todos os integrantes e ex-integrantes do NUBBEA: João Batista, Hérica, Rosiane, Cíntia, Steffan, Shirley, Luan, Luana e Michele.

Agradeço aos amigos maravilhosos que fiz durante esses dois anos: Janaína, Heloísa, Larissa, Wanessa, Yasmin e Leonardo. Obrigado pelos risos, pelos açaís e pelas inacreditáveis “investigações do CSI”.

EFEITOS DO AMBIENTE SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E PERDA DE CALOR LATENTE EM CUTIAS (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) EM UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA

QUEIROZ, J. P. A. F. **Efeitos do ambiente sobre as variáveis fisiológicas e perda de calor latente em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) em uma região semi-árida.** 2010. 39f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

RESUMO: Este estudo objetivou avaliar os efeitos do ambiente sobre o comportamento das variáveis fisiológicas de cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) e determinar a perda de calor por evaporação desse roedor. A frequência respiratória sofreu efeito significativo ($P < 0,05$) do sexo, sendo os machos aqueles com a média mais elevada. Apenas a idade apresentou significância ($P < 0,05$) sobre a temperatura retal, com os filhotes exibindo uma temperatura média superior aos adultos. A temperatura timpânica direita sofreu efeito do sexo ao nível de significância de 5% de probabilidade, com as fêmeas apresentando as temperaturas médias mais elevadas. Nos diferentes sexos e faixas etárias, a temperatura timpânica direita manteve-se superior à temperatura timpânica esquerda. A temperatura da superfície corporal sofreu efeito significativo ($P < 0,05$) da interação (Sexo com Idade), ocorrendo efeito do animal somente enquanto a temperatura do globo negro à sombra manteve-se abaixo de 32° C. Resultados preliminares sobre a distribuição da temperatura da superfície corporal demonstraram efeito significativo ($P < 0,01$) das regiões corporais avaliadas, com as orelhas ($37,40 \pm 0,04^\circ \text{C}$) e as patas posteriores ($35,89 \pm 0,04^\circ \text{C}$) apresentando temperaturas médias mais elevadas. A análise histológica da pele não revelou a presença de glândulas sudoríparas. Os mecanismos latentes de termólise não sofreram efeito significativo do sexo e da idade e não mostraram correlação significativa com as variáveis meteorológicas. A média e o desvio padrão da média para a perda de calor por evaporação na cutia foi $10,76 \pm 6,67 \text{ W.m}^{-2}$.

Palavras-chave: Cutia, Variáveis fisiológicas, Perda de calor por evaporação

EFFECTS OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE PHYSIOLOGICAL AND LATENT HEAT LOSS IN AGOUTIS (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) IN A SEMI-ARID REGION

QUEIROZ, J. P. A. F. **Effects of environmental variables on the physiological and latent heat loss in agoutis (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) in a semi-arid region.** 2010. 39p. Master of Animal Science - Federal Agricultural University of the Semi-Arid Region, Mossoró-RN.

SUMMARY: This study aimed to evaluate the effects of environment on the physiological variables in agouti (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) and determine the heat loss by evaporation of this rodent. The respiratory rate had a significant effect ($P < 0.05$) of the sex, with males being those with the highest average. Only age had significant effect ($P < 0.05$) on rectal temperature, with the young exhibiting an average temperature higher than the adults. The right tympanic temperature was affected by sex at a significance level of 5% probability, with females having the higher average temperatures. In different ages and sexes groups, the right tympanic temperature remained above the left tympanic temperature. The temperature of the body surface had a significant effect ($P < 0.05$) of the interaction (Sex with Age). The animal's effect occurred while the black globe temperature in the shade remained below 32° C. Preliminary results on the distribution of body surface temperature showed significant effect ($P < 0.01$) of body regions evaluated, with the ears ($37.40 \pm 0.04^\circ \text{C}$) and the hind feet ($35.89 \pm 0.04^\circ \text{C}$) had higher average temperatures. Histological analysis of skin did not reveal the presence of sweat glands. The mechanisms of latent heat loss was not affected by sex and age and showed no significant correlation with the meteorological variables. The mean and standard deviation for the heat loss by evaporation in agouti was $10.76 \pm 6.67 \text{ Wm}^{-2}$.

Keywords: Agouti, Physiological variables, Heat loss by evaporation

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Média ajustada por quadrados mínimos mais o erro padrão da média para a frequência respiratória (F_R , mov.min⁻¹), temperatura retal (T_R , °C), da superfície corporal (T_S , °C), timpânica direita (T_D , °C) e esquerda (T_E , °C).....23

Tabela 02 - Média ajustada por quadrados mínimos, desvio padrão (DP), valor máximo e mínimo da perda de calor por evaporação (E , W.m⁻²).....24

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** – Espécimes machos da espécie *Dasyprocta aguti* (Linnaeus, 1766) pertencentes ao CEMAS/UFERSA.....13
- Figura 02** – Aferição da temperatura retal em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus 1766) com termorresistência modelo PT-100 Classe A.....23
- Figura 03** – Calorímetro experimental utilizado na determinação da perda de calor por evaporação em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus 1766) (A) e plataforma interna para a coleta de urina (B).....25
- Figura 04** - Variação da frequência respiratória em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) de diferentes sexos e idades em função da temperatura retal.....30
- Figura 05** - Variação da temperatura timpânica direita e esquerda com relação à temperatura retal em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).....31
- Figura 06** - Variação da temperatura da superfície corporal em função da temperatura do globo negro à sombra em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) de ambos os sexos e diferentes faixas etárias.....32
- Figura 07** - Variação da temperatura da superfície corporal com relação à temperatura do ar em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).....32
- Figura 08** - Média e erro padrão da média para a temperatura da superfície em diferentes regiões do corpo de cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).....33

LISTA DE SÍMBOLOS

A_S	=	Área de superfície corporal, m ²
E	=	Perda de calor por evaporação, W.m ⁻²
F_R	=	Frequência respiratória, mov.min ⁻¹
M_W	=	Peso molecular da água, 18,0155 g.mol ⁻¹
$P_{V\{T_A\}}$	=	Pressão parcial de vapor do ar entrando no calorímetro, kPa
$P_{V\{T_C\}}$	=	Pressão parcial de vapor do ar que sai do calorímetro, kPa
R	=	Constante gasosa universal, 8,3143 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹
T_A	=	Temperatura do ar, °C/K
T_D	=	Temperatura timpânica direita, °C
T_E	=	Temperatura timpânica esquerda, °C
T_{GM}	=	Temperatura do globo negro à sombra, °C
T_{GS}	=	Temperatura do globo negro ao sol, °C
T_R	=	Temperatura retal, °C
T_S	=	Temperatura da superfície corporal, °C
U_R	=	Umidade relativa do ar, %
U	=	Velocidade do vento, m s ⁻¹
λ	=	Calor latente de vaporização da água, J.g ⁻¹ .°C
f_C	=	Fluxo de calor através do calorímetro, m ³ .s ⁻¹
Ψ_{Ar}	=	Umidade absoluta do ar à temperatura ambiente, g.m ⁻³
Ψ_{Ca}	=	Umidade absoluta à temperatura do ar no interior do calorímetro, g.m ⁻³

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 ENDOTERMIA E HOMEOTERMIA: CONCEITOS E EVOLUÇÃO.....	15
3.2 MECANISMOS DE TERMORREGULAÇÃO.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 LOCAL DE ESTUDO.....	20
4.2 ANÁLISE HISTOLÓGICA.....	20
4.3 GRUPOS EXPERIMENTAIS.....	21
4.4 MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	22
4.5 PERDA DE CALOR POR EVAPORAÇÃO.....	22
4.6 DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPORAL.....	24
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A ordem Rodentia é a maior ordem da classe Mammalia sendo composta por aproximadamente 1.700 espécies, distribuídas em três subordens (Sciuromorpha, Myomorpha e Hystricomorpha), mais de 30 famílias e cerca de 350 gêneros. As várias espécies de roedores diferem morfologicamente entre si, mas são caracterizadas pela presença de um par de dentes incisivos superiores e um par de incisivos inferiores. Estes dentes crescem continuamente e são desgastadas constantemente por abrasão, o que mantém suas bordas permanentemente afiadas (PACHALLY et al., 2009).

A cutia (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) é um roedor silvestre encontrado desde o sul da América Central até as regiões tropicais da América do Sul. No Brasil, essa espécie é utilizada como fonte protéica na alimentação humana principalmente nas regiões norte, nordeste e sudeste (RODRIGUES et al., 2003). Esse roedor é bem adaptado às condições ambientais do Semi-Árido nordestino. Pesa entre 1,5 e 2,8 kg, apresentando corpo de formato cilíndrico, com uma cabeça um pouco alongada e orelhas relativamente pequenas. A cauda é curta e nua com aproximadamente 1,5 cm de comprimento. Os membros anteriores são bem menores do que os posteriores e exibem quatro dedos funcionais utilizados para levar o alimento à boca. As longas extremidades posteriores fazem com que a cutia seja boa saltadora. Os pêlos são ásperos, duros e compridos. A coloração é variável entre as sete espécies existentes no Brasil.



Figura 01: Espécimes machos da espécie *Dasyprocta aguti* (Linnaeus, 1766) pertencentes ao CEMAS/UFERSA.

No nordeste brasileiro, as dificuldades enfrentadas para a consolidação da pecuária tradicional vêm desviando a atenção de produtores rurais para a criação comercial de espécies silvestres (NOGUEIRA FILHO e NOGUEIRA, 2000). Esse tipo de exploração possibilita a utilização de regiões onde as atividades agropecuárias não são exeqüíveis (BRESSAN et al., 2002). Além disso, permite a inserção de novos produtos e subprodutos no mercado, proporcionando uma maior distribuição de renda (NOGUEIRA FILHO e NOGUEIRA, 2000). A crescente demanda por fontes protéicas exóticas e a comercialização da pele, couro e pêlos, que apresentam grande potencial de mercado, são os principais responsáveis pelo fortalecimento dessa atividade (MENDONÇA et al., 2006; LOPES et al., 2004; CAVALCANTE et al., 2005).

No Brasil, a criação comercial de animais silvestres sofre um crescimento contínuo, pois o território brasileiro proporciona condições favoráveis à implantação dos criadouros, possui várias espécies de interesse zootécnico e abriga grandes populações nativas distribuídas em suas diferentes regiões. A domesticação de espécies silvestres é pouco relatada, porém revela o potencial existente para a produção de proteína animal de qualidade e seu impacto sobre a distribuição de renda e desenvolvimento sócio-econômico, especialmente para as comunidades rurais (HOSKEN e SILVEIRA, 2001). Além disso, as populações das espécies exploradas comercialmente são protegidas em seu hábitat natural pela redução dos efeitos da caça predatória (NOGUEIRA-FILHO e NOGUEIRA, 2000).

Apesar das vantagens sócio-econômicas, existe a necessidade de aperfeiçoar o manejo e os sistemas de produção utilizados na criação comercial das espécies silvestres de interesse zootécnico, devido à carência de conhecimento sobre seus aspectos produtivos e comportamentais (ALBUQUERQUE, 1991). Dessa forma, seria possível a produção em larga escala e a oferta de proteína animal de baixo custo, diminuindo a caça predatória (MENDONÇA et al., 2006).

Assim como na criação comercial de animais domésticos, princípios éticos aplicados ao bem-estar animal devem nortear as atividades que envolvam a fauna silvestre. Além do seu impacto sobre a produtividade animal, o bem-estar e a qualidade ética dos produtos de origem animal são exigências de um número crescente de consumidores (HÖTZEL e MACHADO FILHO, 2004). Essa preocupação tem incentivado o aprimoramento do conhecimento entre as relações animal e clima, resultando em avanços significativos na bioclimatologia animal. Portanto, em regiões de baixa latitude e altos níveis radiativos, conhecer como se comporta o

equilíbrio térmico dos animais em função das condições meteorológicas do meio ambiente pode ser uma ferramenta útil para melhorar o manejo e as construções de abrigos para os animais (SILVA et al., 2002).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos do ambiente sobre o as variáveis fisiológicas de cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) e determinar a perda de calor por evaporação desse roedor.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a variação da frequência respiratória, temperatura retal, temperatura timpânica esquerda e direita, além da temperatura da superfície corporal em cutias da região Semi-Árida nordestina;
- Determinar a perda de calor latente na espécie *Dasyprocta aguti* (Linnaeus, 1766);
- Analisar os efeitos do sexo e da idade sobre as variáveis fisiológicas e sobre a termólise evaporativa nesse roedor.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ENDOTERMIA E HOMEOTERMIA: CONCEITOS E EVOLUÇÃO

A cutia pode ser classificada como um animal endotérmico homeotérmico, ou seja, é capaz de estabelecer uma temperatura corporal elevada pela produção de grandes quantidades de calor metabólico, mantendo sua temperatura constante em diferentes ambientes térmicos. A endotermia nos mamíferos e nas aves difere daquela observada em outros animais, como peixes (BLOCK; FINNERTY, 1994), insetos (CRAILSHEIM et al., 1999) e répteis (RANDALL et al., 2008).

Alguns endotermos homeotérmicos podem apresentar heterotermia temporal, caracterizada por ciclos diurnos de hipertermia. Nesses animais, a temperatura corporal oscila em um ritmo circadiano, aumentando lentamente durante o dia para economizar água e diminuindo durante a noite, quando a baixa temperatura ambiente permite a dissipação do calor estocado através da radiação de ondas longas (WALSBERG, 2000). Pequenos mamíferos, como os roedores, manifestam ajustes fisiológicos semelhantes aos observados na heterotermia temporal e alterações comportamentais, que ocorrem rapidamente e a um custo menor que os fisiológicos. Neste caso, frente às pressões seletivas de ambientes áridos e semi-áridos, roedores podem superar os custos fisiológicos da termorregulação selecionando microclimas favoráveis ou manifestando padrões de atividade durante os períodos mais frios do dia (CORTÉZ et al., 2000b).

O papel da heterotermia temporal em pequenos mamíferos ainda é pouco conhecido. A utilização desse mecanismo é relatada no esquilo antílope do campo (*Ammospermophilus leucurus*), um pequeno mamífero que habita regiões desérticas da América do Norte. Seu tamanho reduzido e a grande relação entre área de superfície e volume corporal o tornam mais suscetível à hipertermia quando exposto à radiação solar e à elevada temperatura do ar. Dessa forma, esse roedor de hábito fossorial reduz sua atividade na superfície a períodos curtos de tempo, retornando rapidamente à toca, onde o calor por ele absorvido é dissipado mais facilmente devido à temperatura do ar no subsolo ser mais baixa (RANDALL et al., 2008). Entretanto, as condições de cativeiro freqüentemente impedem a expressão dos padrões

naturais de comportamento e podem acentuar os efeitos do ambiente sobre as variáveis fisiológicas na falta de um gerenciamento ambiental adequado.

Com relação aos ajustes fisiológicos em resposta às condições ambientais, estes podem ocorrer de três formas distintas. Uma delas é a aclimação, onde os indivíduos modificam suas características fisiológicas de acordo com as mudanças ambientais. Um segundo modo de resposta é a labilidade ontogenética ou plasticidade de desenvolvimento, que pode determinar aptidões fisiológicas durante o desenvolvimento inicial contribuindo para a sobrevivência do indivíduo. Finalmente, é possível que mudanças fisiológicas relacionadas à perda de água e, conseqüentemente, aos mecanismos termorregulatórios evaporativos, ocorram por seleção natural levando à adaptação das populações às condições locais (TRACY e WALSBERG, 2000).

As hipóteses postuladas para explicar a evolução da endotermia em mamíferos e aves podem ser divididas em duas categorias (GRIGG et al., 2004). A primeira delas abrange modelos que são referidos coletivamente como hipóteses termorregulatórias, pois assumem seleção direta para a elevada temperatura corporal e alta taxa metabólica basal. Inclui o modelo de expansão do nicho térmico (CROMPTON et al., 1978), modelo da homeotermia e aumento da eficiência metabólica (HEINRICH, 1977), modelo da endotermia via homeotermia inércia (McNAB, 1978) e o modelo do investimento parental (FARMER, 2000; ANGILLETTA e SEARS, 2003). De acordo com estes modelos, os benefícios termorregulatórios para o aumento da taxa metabólica estavam diretamente relacionados os efeitos catalíticos da alta temperatura corporal, a otimização da função enzimática em uma única temperatura, e/ou expansão do nicho térmico.

A segunda categoria inclui modelos que consideram os benefícios do calor corporal por si só insuficientes para justificar os custos, e que a alta taxa metabólica típica dos endotermos pode ter sido uma conseqüência da seleção de outras vantagens como mudanças posturais que aumentaram o exercício (BAKKER 1971), aumento do tamanho do cérebro (HULBERT, 1980 apud GRIGG et al., 2004), ou aumento da capacidade aeróbia (BENNETT e RUBEN 1979; RUBEN, 1995).

O modelo que considera o aumento da capacidade aeróbia vem ganhando notoriedade nos últimos anos. Segundo Bennett e Ruben (1979), o consumo máximo de oxigênio e a capacidade aeróbia dependem da temperatura e geralmente aumenta à medida que a temperatura do corpo aumenta nos animais ectotérmicos. Forças seletivas operando para

aumentar a capacidade aeróbia também teriam favorecido o desenvolvimento de mecanismos de regulação da alta temperatura corporal, onde a capacidade de transporte do oxigênio é máxima e uma maior performance aeróbia é possível. A realização deste nível de utilização da energia abriu um amplo leque de atividades sustentáveis e potencializou o repertório comportamental dos vertebrados. Um animal com maior resistência pode manter um maior nível de perseguição na obtenção de alimentos, ou fuga para evitar tornar-se alimento. Vai ser superior na defesa territorial ou invasão. Será mais bem sucedido na corte e acasalamento. Estas vantagens parecem compensar os custos energéticos, por proporcionar ao seu detentor a capacidade de aumentar a energia consumida, atendendo a demanda energética.

3.2 MECANISMOS DE TERMORREGULAÇÃO

Como mencionado, os animais endotérmicos homeotérmicos devem manter a temperatura corporal dentro de limites estreitos ao longo do dia. Para tanto, deve haver um equilíbrio entre termogênese e termólise durante esse período. Tais processos são regulados através da modulação da termogênese e da intensificação dos mecanismos de termólise.

Como a produção metabólica em relação à área de superfície é maior em pequenos animais, eles necessitam mover uma quantidade de calor maior por unidade de área que um animal de elevada massa corporal. Por isso, pequenos animais são descritos como especialistas metabólicos, pois são capazes de alterar a taxa metabólica para manter a homeotermia. Animais de grande porte não apresentam esse nível de controle sobre a taxa metabólica. Eles são capazes de regular as trocas de calor de acordo com as condições ambientais exercendo controle sobre a temperatura da superfície (PHILLIPS; HEATH, 1995).

A transferência do calor endógeno para o ambiente ocorre inicialmente dos tecidos vascularizados embaixo da pele, deste para o pelame e, finalmente, para a camada de ar circundante. A transferência de calor do centro do corpo para a superfície da pele do animal depende do fluxo sanguíneo, estando sujeita a regulação pela vasoconstrição ou vasodilatação. Esses mecanismos podem diminuir ou aumentar a condutância tissular, respectivamente, sendo importante na determinação do fluxo térmico por condução (CAMPBELL e NORMAN, 1998).

Com o aquecimento da camada de ar circundante, há movimentação dessa massa de ar devido à alteração da densidade, convecção natural, ou pela ação de forças externas, convecção forçada. A convecção também pode acelerar a transferência de calor por condução entre um sólido e um líquido (RANDALL et al., 2008), como ocorre quando um animal encontra-se imerso em água. Entre os roedores, a seleção desse tipo de microclima é praticada, por exemplo, pelas capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*; SANTOS et al., 2005) e ratões do banhado. Nestes animais, a transferência de calor é intensificada tanto pela ação do mecanismo convectivo durante a imersão, como pela evaporação da água difundida na pele e pelame após os animais abandonarem esse microclima.

Outro importante mecanismo de troca sensível de calor é a radiação, que consiste na transferência de energia térmica de um corpo a outro através de ondas eletromagnéticas (SILVA, 2000). Assim como a convecção, esse mecanismo de termólise assume grande importância na termorregulação animal quando a temperatura do ar encontra-se mais baixa que a corporal e a temperatura radiante média mantém-se abaixo da temperatura do ar. Entretanto, na região intertropical a temperatura do ar encontra-se frequentemente próxima da corporal ou a excede; além disso, a temperatura radiante média do ambiente tende a ser muito mais elevada que a atmosférica; conseqüentemente, a termólise por convecção e radiação é dificultada ou inibida (SILVA et al., 2002).

Dessa forma, os animais tornam-se dependentes dos mecanismos de termólise capazes de movimentar calor corporal contra um gradiente de temperatura. Nesse contexto, os mecanismos latentes tornam-se as principais vias de perda de calor, pois são regidos por um gradiente de pressão parcial de vapor (WALSBERG, 2000). Na evaporação respiratória, esse gradiente é gerado entre a pressão parcial de vapor do ar inspirado e a pressão parcial de vapor no trato respiratório. Quando submetidos a estresse térmico muitos animais intensificam a perda de calor por essa via através do ofego (CAMPBELL; NORMAN, 1998). Para a evaporação no trato respiratório, são fatores importantes o volume de ar respirado por unidade de tempo, a temperatura corporal e a umidade do ar inspirado (SILVA, 2000).

Para a evaporação na superfície da epiderme, os principais fatores são a velocidade do vento, a temperatura da superfície, a umidade atmosférica, a capa de cobertura e a taxa de transferência de água do interior do corpo para a superfície (SILVA, 2000). Entre os mamíferos, a perda de água ocorre passivamente através do tegumento e pode ser intensificada pela sudação. O suor aumenta a condutância da superfície e facilita a

transferência de calor (CAMPBELL; NORMAN, 1998). A ocorrência de glândulas sudoríparas é altamente variável. Em algumas espécies são amplamente distribuídas, em outras estão topograficamente restritas (por exemplo, na base da cauda do veado; sobre os lábios de coelhos e alguns roedores; no focinho de suínos e ovinos; e nas patas de alguns roedores, gatos e hyraces) e ainda há aquelas que não apresentam glândulas sudoríparas, especialmente espécies aquáticas (McNAB, 2002).

Com exceção dos lagomorfos e roedores como as cutias, todos os mamíferos placentários possuem glândulas sudoríparas, sendo pouco desenvolvidas nos cães e suínos, nos quais apresentam pouca importância no processo de termorregulação (CUNNINGHAM, 1999). No entanto, o processo de perspiração insensível em animais cujo pelame é permeável à água e ao vapor torna-se um mecanismo de termólise quantitativamente muito importante. Naqueles animais dotados de glândulas sudoríparas funcionais, esse mecanismo é responsável por uma taxa de evaporação cutânea corresponde a um volume maior que o secretado pelas glândulas (SILVA; STARLING, 2003).

Quantitativamente, os níveis de trocas de calor por cada mecanismo de transferência térmica são dependentes da magnitude e direção do gradiente envolvido. Em ambientes quentes, trocas de energia por radiação são dominantes, enquanto trocas convectivas de energia tendem a dominar em ambientes frios. Para alterar efetivamente o microclima de um animal através do manejo ou modificações ambientais, deve-se considerar a alteração de um ou mais dos fatores envolvidos, como: temperatura e/ou emissividade dos materiais circundantes, temperatura do ar, pressão de vapor do ar, radiação ou sombra, e condutância das superfícies com as quais os animais mantêm contato (SILVA, 2000; SILVA et al., 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O experimento foi conduzido no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) que ocupa uma área de 20 ha na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus de Mossoró, Rio Grande do Norte. O CEMAS está localizado a 5°11'15" latitude sul e 37°20'39" longitude oeste, com altitude aproximada de 16 m. Abriga várias espécies da fauna silvestre, como: cutias (*Dasyprocta aguti*), preás (*Galea spixii*), catetos (*Tayassu tajacu*) e emas (*Rhea americana*).

Os dados obtidos foram analisados no Laboratório de Biometeorologia, Bem-Estar Animal e Biofísica Ambiental (LABBEA) que compõe o Centro Integrado de Laboratórios em Ciência Animal e Recursos Hídricos do Semi-Árido (CI-UFERSA).

4.2 ANÁLISE HISTOLÓGICA

As amostras de pele foram obtidas de três animais ortotanasiados. As regiões corporais avaliadas foram: dorso, axila e ventre. Inicialmente, os pêlos foram cortados com auxílio de uma tesoura cirúrgica. Foram extraídas amostras circulares com 1,0 cm de diâmetro das três regiões do corpo com auxílio de um bisturi cirúrgico. Cada amostra foi unida a um pedaço de cartolina com 2,0 cm², para que não enrugasse, sendo inserida em um cassete® (Lupe). Os casseteres foram imersos em solução de glutaraldeído a 2,5% em tampão fosfato a 0,1M, com pH 7,4, para fixação.

Posteriormente, as peças foram submetidas às técnicas laboratoriais de rotina para desidratação, clareamento, impregnação e inclusão. Após estes procedimentos, cada bloco de parafina contendo uma amostra sofreu cortes de 7 µm que foram mantidos em banho-maria a uma temperatura aproximada de 50°C. Posteriormente, as lâminas foram confeccionadas e coradas com hematoxilina-eosina, sendo realizada a visualização no microscópio óptico.

4.3 GRUPOS EXPERIMENTAIS

O trabalho foi executado em três etapas, realizadas nos meses de fevereiro de 2009 e junho de 2010. Inicialmente, foram estudados os efeitos do ambiente sobre o comportamento das variáveis fisiológicas: frequência respiratória (F_R , mov.min⁻¹), temperatura timpânica direita (T_D , ° C) e esquerda (T_E , ° C), e temperatura retal (T_R , ° C). Nesta etapa, o grupo experimental foi composto por 34 animais divididos em quatro subgrupos: machos adultos (09), fêmeas adultas (11), machos jovens (08) e fêmeas jovens (06).

A F_R foi determinada pela contagem dos movimentos do flanco durante um período de um minuto. Um sensor termopar tipo T com ponta circular de 0,2 mm de diâmetro foi inserido em cada meato auditivo para avaliação da T_D e T_E . A T_R foi aferida utilizando-se uma termorresistência (Modelo pT-100 classe A), introduzida aproximadamente três centímetros na ampola retal (Figura 02).



Figura 02 Aferição da temperatura retal em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus 1766) com termorresistência modelo PT-100 Classe A.

Na segunda etapa, foi determinada a perda de calor por evaporação (E , W.m⁻²). Para isso, foram utilizados 20 espécimes distribuídos nos seguintes subgrupos: machos adultos (05), fêmeas adultas (05), machos jovens (05) e fêmeas jovens (05). Os animais foram identificados com anéis metálicos numerados, colocados na região do metatarso. Entre as variáveis fisiológicas, apenas a F_R foi avaliada.

Finalmente, foi realizado um estudo preliminar da distribuição da temperatura da superfície corporal por termografia infravermelha. Foram utilizados quatro espécimes adultos, sendo dois machos e duas fêmeas.

Os recintos nos quais foram mantidos apresentavam área de 20m² totalmente coberta, com laterais em tela de arame liso. Estes dispunham de iluminação natural no período entre 05h00min e 18h00min. A alimentação consistia em ração comercial peletizada para coelhos, milho em grãos, vegetação e frutos regionais, com água *ad libitum*.

4.4 MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As variáveis meteorológicas avaliadas foram: temperatura do globo negro ao sol (T_{GS} , ° C), temperatura do globo negro à sombra (T_{GM} , ° C), temperatura do ar (T_A , ° C), umidade relativa do ar (U_R , %) e velocidade do vento (U , m.s⁻¹). A T_A e a U_R foram simultaneamente avaliadas com um termo-higrômetro digital modelo HT-300. A T_{GS} e T_{GM} foram aferidas com termosensores modelo S-03K introduzidos no interior de dois globos negros com 15 cm de diâmetro cada. A U foi determinada utilizando-se um anemômetro modelo YK-2005AH.

4.5 PERDA DE CALOR POR EVAPORAÇÃO

Inicialmente, os animais foram acomodados em gaiolas individuais com alimento e água disponíveis. Em seguida, cada gaiola foi inserida no interior de um calorímetro experimental para determinação da termólise evaporativa. Durante toda a coleta de dados, o comportamento dos animais foi monitorado e a qualquer sinal de agitação ou desconforto a análise foi interrompida até completo restabelecimento do animal.

O calorímetro experimental utilizado (Figura 03) apresentava as seguintes dimensões: 60 cm de comprimento, 40 cm de largura, e altura de 60 cm. Em suas laterais achavam-se a entrada e a saída de ar, ambas com 2,8 cm de diâmetro. À saída de ar foi conectado um

analisador automático de CO₂/H₂O (Li-Cor, Modelo LI-7000) para determinação da pressão parcial de vapor do ambiente ($P_{V\{T_A\}}$, kPa) e no interior do calorímetro ($P_{V\{T_C\}}$, kPa).

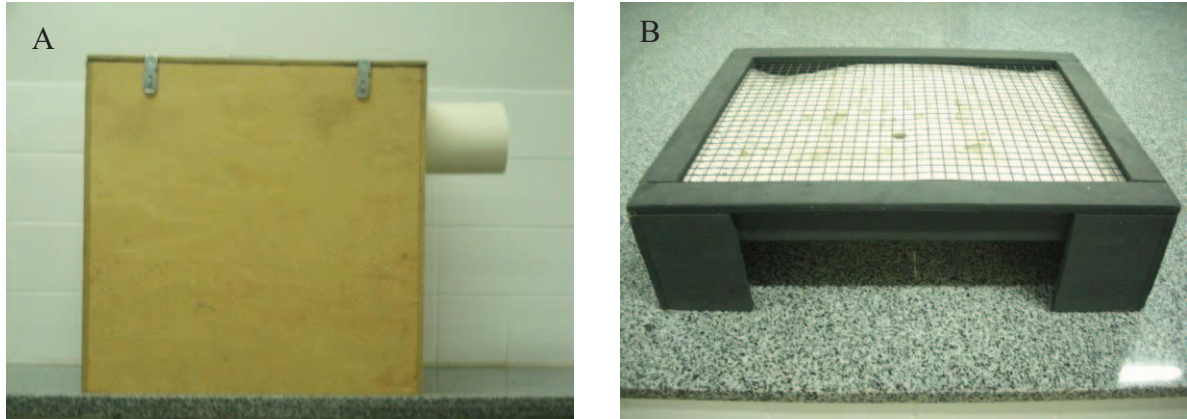


Figura 03 (A) Calorímetro experimental utilizado na determinação da perda de calor por evaporação em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus 1766) e (B) plataforma interna para a coleta de urina.

A temperatura no interior do calorímetro (T_C , ° C) foi monitorada por um sensor termopar modelo PT-100 Classe A. A temperatura do ar (T_A , ° C) e a umidade relativa do ar (U_R , %) foram determinadas utilizando-se um termo-higrômetro digital (Modelo HT-300). A velocidade do fluxo de ar (U , m.s⁻¹) no interior do calorímetro foi mensurada através da ponta de prova de um termo-anemômetro digital (Modelo YK-2005AH) conectado à saída de ar.

A perda de calor latente (E , W.m⁻²) foi determinada pela fórmula:

$$E = \frac{\lambda f_C (\Psi_C - \Psi_A)}{A_S}$$

$$f_C = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

onde λ é o calor latente de vaporização da água (J.g⁻¹.° C); f_C é o fluxo de calor através do calorímetro (m³.s⁻¹); Ψ_A corresponde à umidade absoluta do ar (g.m⁻³) à temperatura ambiente (T_A); Ψ_C é a umidade absoluta (g.m⁻³) à temperatura do ar no interior do calorímetro (T_C); e A_S é a área de superfície corporal (m²) que foi determinada utilizando-se as peles dissecadas de dois espécimes ortotanasiados, sendo transcritas em papel milimetrado.

A umidade absoluta do ar à temperatura ambiente (Ψ_A) e a umidade absoluta do ar à temperatura do ar que sai do calorímetro (Ψ_C) foram determinadas pelas fórmulas:

$$\Psi_A = \frac{10^3 M_W P_V\{T_A\}}{RT_A} = \frac{2166,87 P_V\{T_A\}}{T_A}$$

$$\Psi_C = \frac{10^3 M_W P_V\{T_C\}}{RT_C} = \frac{2166,87 P_V\{T_C\}}{T_C}$$

onde M_W corresponde ao peso molecular da água ($18,0155 \text{ g.mol}^{-1}$); $P_V\{T_A\}$ é a pressão parcial de vapor (kPa) que entra no calorímetro à temperatura ambiente; T_A corresponde à temperatura absoluta do ar; $P_V\{T_C\}$ é a pressão parcial de vapor do ar (kPa) que sai do calorímetro; T_C é a temperatura absoluta do ar que sai do calorímetro; R é a constante gasosa universal ($8,3143 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$).

4.6 DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPORAL:

Para o estudo da distribuição da temperatura da superfície corporal por termografia infravermelha, os espécimes utilizados foram acomodados em gaiolas individuais e submetidos à captura das imagens através de uma câmera termográfica infravermelha (Modelo InfraCAM Thermal Imager) por um período de observação de 10 horas.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA:

Na análise de variância das três etapas deste trabalho foi aplicado o método dos quadrados mínimos utilizando o procedimento General Linear Models (GLM) do programa Statistical Analysis System (SAS) conforme Littell et al. (1991).

O modelo estatístico utilizado na análise de variância do estudo dos efeitos do ambiente sobre as variáveis fisiológicas em cutias foi:

$$y_{ijklm} = \alpha + s_i + i_j + I_{ij} + d_k + b_1h + b_2T_A + b_3U_R + b_4T_{GS} + b_5T_{GM} + b_6T_R + b_7T_S + \varepsilon_{ijklm}$$

onde y_{ijklm} são a m -ésima observação da frequência respiratória; temperatura da superfície corporal, retal e timpânica medida no i -ésimo sexo, na j -ésima idade e no k -ésimo dia de coleta; s é o efeito fixo do i -ésimo sexo (s = macho ou fêmea); i é o efeito fixo da j -ésima idade (i = filhote ou adulto); I é o efeito fixo da interação do i -ésimo sexo com a j -ésima idade; d é o efeito fixo do k -ésimo dia de coleta e ε_{ijklm} é o erro aleatório, que inclui todas as demais fontes de variações não consideradas e α é o intercepto. b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , b_5 , b_6 e b_7 são os coeficientes de regressão sobre a hora de coleta, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do globo negro ao sol e à sombra, temperatura retal e da superfície corporal. No caso do modelo para T_R b_6 foi substituído pela F_R e b_7 foi retirado; no caso do modelo da T_S b_7 foi retirado e por último o modelo para T_D e T_E b_7 foi substituído por F_R .

A análise de variância dos dados da perda de calor latente foi baseada no seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijkl} = \alpha + s_i + i_j + I_{ij} + d_k + b_1T_A + b_2U_R + b_3V + b_4T_S + \varepsilon_{ijkl}$$

onde y_{ijkl} são a l -ésima observação da temperatura do ar no interior do calorímetro; pressão parcial de vapor do ar expelido pelo calorímetro e temperatura da superfície corporal medida no i -ésimo sexo, na j -ésima idade e no k -ésimo dia de coleta; s é o efeito fixo do i -ésimo sexo (s = macho ou fêmea); i é o efeito fixo da j -ésima idade (i = filhote ou adulto); I é o efeito fixo da interação do i -ésimo sexo com a j -ésima idade; d é o efeito fixo do k -ésimo dia de coleta e ε_{ijklm} é o erro aleatório, que inclui todas as demais fontes de variações não consideradas; α é o intercepto. b_1 , b_2 , b_3 , e b_4 são os coeficientes de regressão sobre a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do fluxo de ar no calorímetro e a temperatura da superfície corporal.

A análise de variância do estudo da distribuição da temperatura da superfície corporal teve como base o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijklm} = \alpha + s_i + r_j + h_k + d_l + b_1T_A + \varepsilon_{ijkl}$$

onde y_{ijklm} é a m -ésima observação da temperatura da superfície corporal no i -ésimo sexo, j -ésima região do corpo, na k -ésima hora de coleta e no l -ésimo dia de observação; s é o efeito

fixo do i -ésimo sexo (i = macho ou fêmea); r é o efeito fixo da j -ésima região do corpo (r = orelha, tronco, patas anteriores e patas posteriores); h é o efeito fixo k -ésima hora de coleta; d é o efeito fixo do l -ésimo dia de coleta e ε_{ijklm} é o erro aleatório, que inclui todas as demais fontes de variações não consideradas; α é o intercepto. b_1 é o coeficiente de regressão sobre a temperatura do ar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho, apenas o sexo apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) sobre a F_R , sendo os machos aqueles com a média (Tabela 01) mais elevada. Essa discrepância está relacionada à composição dos grupos experimentais, que eram distintos pela idade, porém formados por indivíduos do mesmo sexo. Assim, a expressão dos comportamentos de agressão e defesa foi acentuada, resultando na elevação da frequência respiratória. Essa maior agressividade entre machos foi claramente observada durante o manejo e coleta dos dados.

Com relação à T_R (Tabela 01), apenas a idade apresentou significância ($P < 0,05$), com os filhotes exibindo uma temperatura média superior aos adultos. O efeito da idade está relacionado, possivelmente, às diferenças intra-específicas na taxa metabólica. Indivíduos jovens possuem uma área de superfície corporal relativa maior, porque a razão entre a área de superfície corporal efetiva e o volume aumenta com a diminuição do tamanho do animal (PHILLIPS; HEATH, 1995). Dessa forma, esses animais apresentam uma perda de calor mais acentuada que os adultos. Então, para manter a termoneutralidade é necessário aumentar a taxa metabólica e a produção de calor endógeno, elevando a temperatura corporal. Por esse motivo, é observada uma maior taxa de consumo de oxigênio em indivíduos de menor massa corporal (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

A T_R exerceu forte influência sobre o comportamento da F_R (Figura 01), sendo observado um aumento no número de movimentos do flanco por minuto acompanhando sua elevação. Esta variável é comumente utilizada para estimar a temperatura corporal, sendo um importante índice de adaptação fisiológica por permitir o acompanhamento do estado térmico do indivíduo. Sua elevação indica que os mecanismos de termólise tornaram-se incapazes de manter a termoneutralidade (HANNEMAN et al., 2004; MARTELLO et al., 2010).

Nessa situação, o organismo ativa os mecanismos evaporativos de perda de calor, pois são vias mais eficientes de trocas térmicas, apesar do alto custo energético. Um desses mecanismos é a evaporação respiratória, que depende diretamente da F_R . Como consequência, na ausência da termoneutralidade há elevação da F_R e maior deslocamento da massa de ar no espaço morto do sistema respiratório, aumentando a dissipação do calor endógeno. Entretanto, uma alta taxa respiratória pode precipitar graves danos fisiológicos nos animais, como a diminuição da pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (MAIA et al., 2005a).

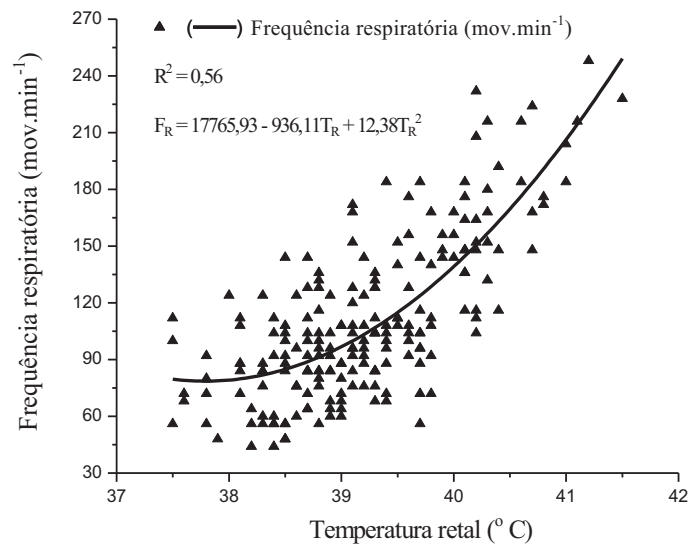


Figura 04 Variação da frequência respiratória em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766) de diferentes sexos e idades em função da temperatura retal.

A T_D sofreu efeito do sexo ao nível de significância de 5% de probabilidade, com as fêmeas apresentando as temperaturas médias mais elevadas. Não foram observados efeitos significativos do sexo e da idade sobre a T_E . Nos diferentes sexos e faixas etárias houve uma dessemelhança entre as temperaturas dos dois meatos auditivos, com a T_D mantendo-se superior a T_E (Tabela 01). Nessa espécie, o comportamento da T_D e da T_E refletiram as variações observadas na T_R (Figura 02).

As diferenças observadas na termometria timpânica em ambos os meatos auditivos podem estar relacionadas a diferenças de metabolismo em regiões distintas do cérebro (BOERE et al., 2003), sugerindo uma ativação assimétrica fisiológica dos hemisférios cerebrais (PARR; HOPKINS, 2000; TOMAZ et al., 2003; LANDA et al., 2008). O efeito da T_R sobre a variação da T_D e T_E pode estar relacionado à similaridade entre a variação destas temperaturas e a temperatura cerebral, que se encontra em equilíbrio com a temperatura corporal central devido ao fluxo sanguíneo arterial (ZHU et al., 2006). Apesar dessa influência, tanto a T_D como a T_E mantiveram-se abaixo da T_R , sugerindo a presença de algum mecanismo de arrefecimento cerebral nessa espécie. Na maioria dos casos, este arrefecimento cerebral é realizado por mecanismos que permitem que o sangue venoso resfriado por evaporação realize troca de calor com o sangue arterial fornecido ao cérebro, ou esfrie a base do cérebro por condução (BAKER, 1972).

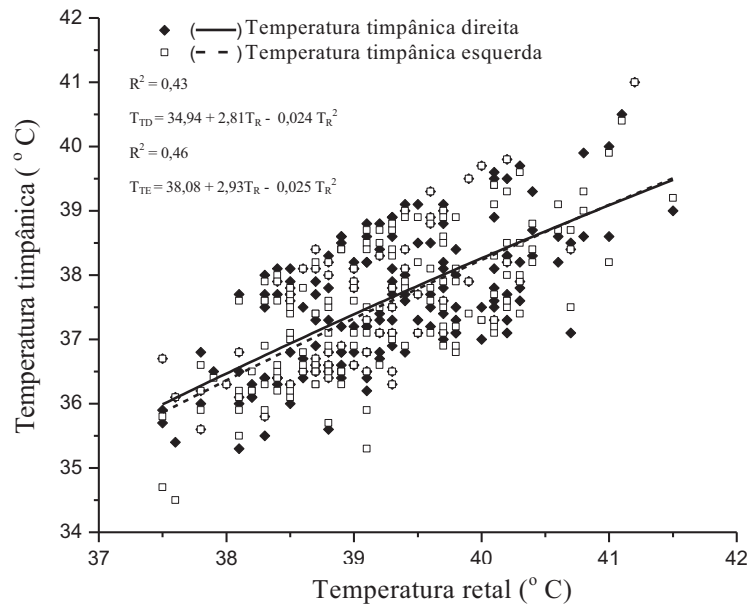


Figura 05 Variação da temperatura timpânica direita e esquerda com relação à temperatura retal em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).

Para regular as trocas de calor, os animais podem controlar a temperatura da superfície corporal ou alterar a área da superfície que está sendo utilizada nessas trocas. Pequenos animais como os roedores são mais hábeis em alterar a taxa metabólica corporal, exercendo um mínimo de controle sobre a T_S (PHILLIPS; HEATH, 1995). Esta variável fisiológica sofreu efeito significativo ($P < 0,05$) da interação (Sexo com Idade) (Figura 03). Entretanto, os resultados demonstraram efeito do animal sobre a T_S somente enquanto a T_{GM} manteve-se abaixo de 32°C . Tal efeito foi desencadeado pelo gradiente térmico resultante da elevada temperatura corporal e da baixa temperatura do ar, permitindo a perda de calor sensível (GEBREMEDHIN; WU, 2001). Neste caso, o calor endógeno é conduzido dos tecidos vascularizados embaixo da pele, deste para a superfície corporal e, finalmente, para a camada de ar circundante (CAMPBELL; NORMAN, 1998).

Com a diminuição do gradiente de temperatura, a termólise foi reduzida e a T_S tornou-se mais sensível ao ambiente externo. Além disso, a baixa condutância do pelame em relação à condutância tissular pode limitar a condução de calor (CAMPBELL; NORMAN, 1998), acentuando os efeitos do ambiente sobre a T_S . Dentre as variáveis meteorológicas, a T_A foi a que demonstrou uma maior influência sobre o comportamento da T_S (Figura 04).

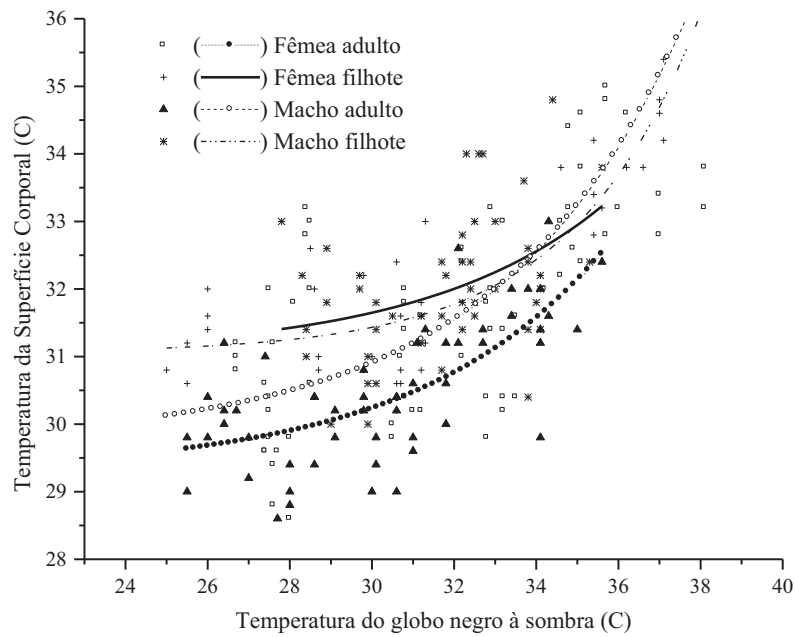


Figura 06 Variação da temperatura da superfície corporal em função da temperatura do globo negro à sombra em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).

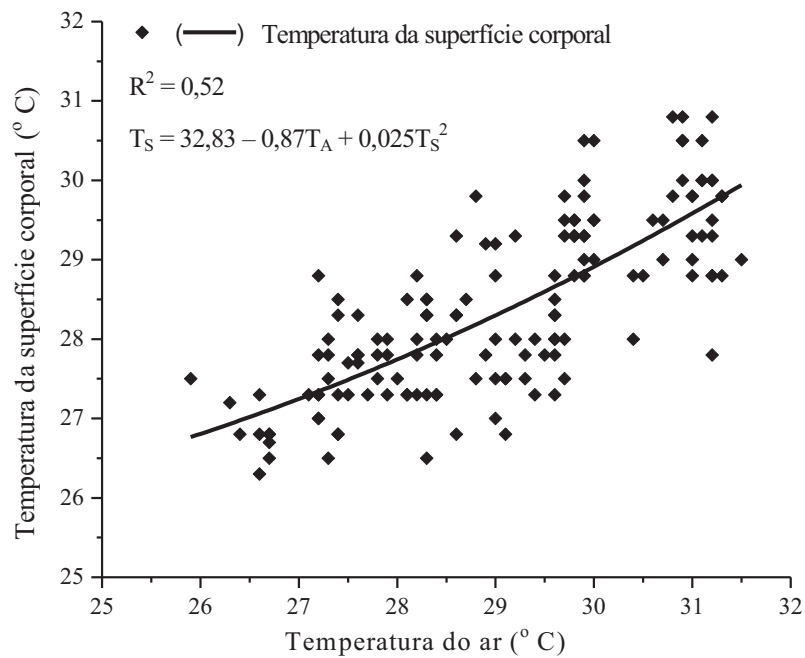


Figura 07 Variação da temperatura da superfície corporal com relação à temperatura do ar em cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).

Tabela 01 - Média ajustada por quadrados mínimos mais o erro padrão da média para a frequência respiratória (F_R , mov.min⁻¹), temperatura retal (T_R , °C), da superfície corporal (T_S , °C), timpânica direita (T_D , °C) e esquerda (T_E , °C).

Efeitos	n	F_R	T_R	T_S	T_D	T_E
Sexo						
Fêmea	102	105,81±3,21 ^b	39,26±0,05 ^a	31,82±0,07 ^a	37,63±0,04 ^a	37,54±0,05 ^a
Macho	102	117,72±3,04 ^a	39,17±0,05 ^a	31,26±0,07 ^b	37,47±0,04 ^b	37,44±0,04 ^a
Idade						
Jovem	84	115,00±3,52 ^a	39,37±0,06 ^a	31,75±0,08 ^a	37,61±0,05 ^a	37,55±0,05 ^a
Adulto	120	108,54±2,88 ^a	39,07±0,05 ^b	31,33±0,07 ^b	37,49±0,04 ^a	37,43±0,04 ^a

Médias seguidas da mesma letra para cada efeito e cada variável não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. n = número de observações.

Resultados preliminares sobre a distribuição da temperatura da superfície corporal na cutia demonstram efeito significativo ($P < 0,01$) das regiões corporais avaliadas (Figura 05). A elevada temperatura da superfície aliada à natureza membranosa e a rica vascularização das orelhas, assim como a ausência de pêlos e a pigmentação da epiderme das patas, as tornam importantes sítios de termólise por radiação. As regiões corporais envolvidas nas trocas de calor são referidas como janelas térmicas. Nestas áreas, o fluxo de calor é mantido pelo controle e modificação da circulação sanguínea, via vasoconstricção e vasodilatação (ŠUMBERA et al., 2007). Este termo é aplicado a qualquer superfície corporal utilizada parcial ou totalmente nas trocas térmicas, incluindo membros, apêndices e áreas com poucos pêlos (região periocular, focinho e lábios). Sua presença já foi reportada em tucanos (TATTERSALL et al., 2009), focas (MAUCK et al., 2003), elefantes africanos (WEISSENBOCK et al., 2010) e duas espécies de ratos-toupeira (ŠUMBERA et al., 2007).

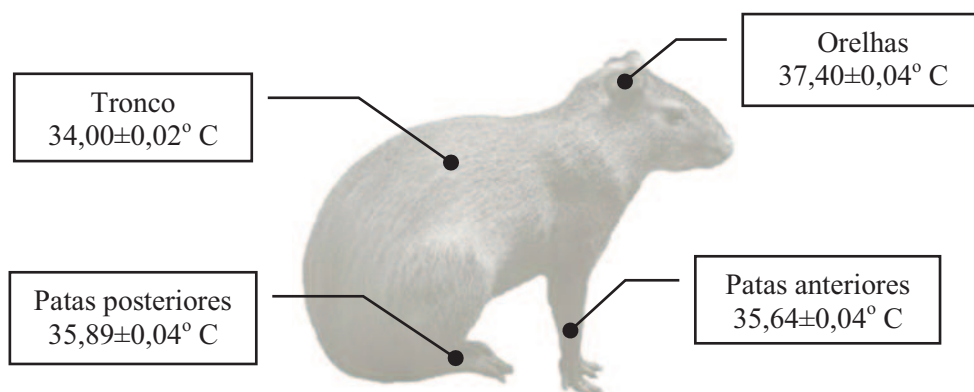


Figura 08 Média e erro padrão da média para a temperatura da superfície em diferentes regiões do corpo de cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus, 1766).

Os mecanismos latentes de termólise não sofreram efeito significativo do sexo e da idade (Tabela 02). Além disso, a relação entre a perda de calor por evaporação e as variáveis meteorológicas mostrou correlação não significativa, conforme o observado por Zhu et al. (2008) nas espécies de roedores *Eothenomys miletus* e *Apodemus chevrieri* abaixo da zona de conforto térmico. Acima desta zona, a correlação foi positiva, havendo aumento da perda de calor com a elevação da temperatura.

Em bovinos, Maia et al. (2008) observaram uma alta correlação entre a perda de calor por evaporação com a temperatura e umidade relativa do ar. Os efeitos da temperatura do ar devem-se, principalmente, à diminuição do gradiente térmico estabelecido entre essa variável meteorológica e temperatura da superfície corporal, reduzindo as perdas convectivas e tornando a radiação um mecanismo de ganho de calor (Maia et al., 2005a; Maia et al., 2005b; Silva et al., 2002). Os mecanismos latentes de termólise são então ativados para que a homeotermia seja mantida. No entanto, como estes mecanismos operam segundo um gradiente de pressão parcial de vapor, eles tendem a estabelecer uma correlação negativa com a umidade relativa do ar.

Tabela 02 - Média ajustada por quadrados mínimos, desvio padrão (DP), valor máximo e mínimo da perda de calor por evaporação (E , $W.m^{-2}$).

Efeitos	n	Média±DP	Máximo	Mínimo
Sexo				
Fêmea	72	12,96±8,06	44,75	1,89
Macho	75	8,64±4,04	26,16	2,32
Idade				
Jovem	55	8,84±5,06	28,98	1,89
Adulto	92	11,90±7,26	44,75	3,22
Total	147	10,76±6,67	44,75	1,89

n = número de observações.

A discrepância entre aqueles resultados apresentados por Maia et al. (2008) e os encontrados no presente estudo, com relação à influência do ambiente sobre a perda de calor por evaporação, estão relacionados, possivelmente, com os mecanismos evaporativos envolvidos. Nos bovinos, a evaporação é a principal via de termólise, sendo a sudação o mecanismo mais importante para a termorregulação. Entretanto, na espécie *Dasyprocta aguti* a análise histológica da pele não revelou a presença de glândulas sudoríparas como proposto por Cunningham (1999) para roedores e lagomorfos. A ausência dessas estruturas sugere que as principais vias latentes de termólise são a evaporação respiratória e a perspiração

insensível. A quantidade de calor eliminado por perspiração insensível é normalmente pequena e tem pouco valor adaptativo. Embora a evaporação respiratória seja um mecanismo eficiente de termólise, a necessidade de economizar água em ambientes áridos e semi-áridos constitui um fator limitante para sua utilização. Provavelmente, esses animais privilegiem os ajustes comportamentais, como a seleção de microclimas, em detrimento aos processos evaporativos de termorregulação.

Os resultados para a perda de calor por evaporação em cutias foram superiores à maioria dos dados sobre roedores disponíveis na literatura. Na *Chinchilla lanigera*, por exemplo, Cortéz et al. (2000a) observaram uma perda de calor por via pulmocutânea de 1,80 e 2,16 W.m⁻² a 25° e 30° C. Na *Chinchilla brevicaudata* as perdas de calor por mecanismos evaporativos foram de 1,47, 1,99 e 2,67 W.m⁻², com temperatura do ar de 25° C, 30° C e 32,5° C (CORTÉZ, et al., 2003). Na espécie *Ctenomys fulvus*, a termólise evaporativa a 30° e 35° C foi de 3,45 e 3,65 W.m⁻² (CORTÉZ et al., 2000b). Para a *Lagidium viscacia*, outro roedor chinchilídeo, os valores de perda de calor por evaporação foram de 1,14, 1,70 e 1,98, obtidos nas temperaturas de 25°, 30° e 32,5° C (TIRADO et al., 2007). A baixa perda de água pelo mecanismo evaporativo observado nessas espécies pode ser aparentemente desfavorável em altas temperaturas, mas esta resposta fisiológica é valiosa para a manutenção de água corporal e prevenção contra a desidratação (CORTÉZ, et al., 2003).

Apenas nos roedores *Eothenomys miletus* e *Apodemus chevrieri*, Zhu et al. (2008) obtiveram registros de perda de calor por evaporação que superam os observados na cutia, sendo 11,55 e 14,31 W.m⁻², a temperatura de 35,1° C, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Nas cutias (*Dasyprocta aguti*; Linnaeus 1766), o comportamento das variáveis fisiológicas é fortemente influenciado pelas condições meteorológicas do meio. Nesses animais, a principal via de termólise é a evaporação respiratória que, apesar de apresentar o risco da perda excessiva de água, é considerado o mecanismo mais eficaz. O conhecimento sobre os mecanismos de termólise acionados pelos animais permite um melhor gerenciamento ambiental, como a construção de abrigos adequados às necessidades da espécie e a implementação de sistemas de resfriamento em sistemas de criação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, N. I. O potencial da exploração econômica da cutia (*Dasyprocta sp.*). In: SEMINÁRIO EM NUTRIÇÃO ANIMAL E PASTAGENS, 1991, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ-USP, 1991.

ANGILLETTA JR., M. J.; SEARS, M. W. Is Parental Care the Key to Understanding Endothermy in Birds and Mammals. **The American Naturalist**, v. 162, p. 821-825, 2003.

BAKER, M. A. Influence of the carotid rete on brain temperature in cats exposed to hot environments. **Journal of Physiology**, v. 220, p. 711-728, 1972.

BAKKER, R. T. Dinosaur physiology and the origin of mammals. **Evolution**, v. 25, p. 636-658, 1971.

BENNETT, A. F.; RUBEN, J. A. Endothermy and Activity in Vertebrates. **Science**, v. 206, p. 649-654, 1979.

BLOCK, B. A.; FINNERTY, J. R. Endothermy in fishes: a phylogenetic analysis of constraints, predispositions, and selection pressures. **Environmental Biology of Fishes**, v. 40, p. 283-302, 1994.

BOERE, V.; SILVA, I. O.; CANALE, G.; PIANTA, T.; TOMAZ, C. Correlation between tympanic and rectal temperature in marmosets (*Callithrix penicillata*) under acute stress. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 90-95, 2003.

BRESSAN, M. C.; MIGUEL, G. Z.; FARIA, P. B.; VIEIRA, J. O.; ODA, S. H. I. Rendimento de carcaça e de cortes comerciais de capivaras (*Hydrochaeris Hydrochaeris* L.1766). **Ciência Agrotecnológica**, Edição especial, p. 1588-1593, 2002.

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. **An Introduction to Environmental Biophysics**. New York: Springer-Verlag, 1998. 286p.

CAVALCANTE, R. R.; ALMEIDA, M. M.; MOURA, S. G.; MARTINS JÚNIOR, L. M.; CONDE JÚNIOR, A. M.; CARVALHO, M. A. M.; LOPES, J. B. Peso pós-parto, frequência e prevalência do tipo de parto de cutias (*Dasyprocta sp.*) criadas em cativeiro. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 67-70, 2005.

CORTÉS, A.; ROSENMANN, M.; BOZINOVIC, F. Relación costo-beneficio en la termorregulación de *Chinchilla lanígera*. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 73, p. 351-357, 2000a.

CORTÉS, A.; ROSENMAN, M.; BOZINOVIC, F. Water economy in rodent: evaporative water loss and metabolic water production. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 73, p. 311-321, 2000b.

CORTÉS, A.; TIRADO, C.; ROSENMAN, M. Energy metabolism and thermoregulation in *Chinchilla brevicaudata*. **Journal of Thermal Biology**, v. 28, p. 489-495, 2003.

CRAILSHEIM, K.; STABENTHEINER, A.; HRASSNIGG, N.; LEONHARD, B. Oxygen consumption at different activity levels and ambient temperatures in isolated honeybees (Hymenoptera: Apidae). **Entomologia Generalis**, n. 24, p. 001-012, 1999.

CROMPTON, A. W.; TAYLOR, C. R.; JAGGER, J. A. Evolution of homeothermy in mammals. **Nature**, v. 272, p. 333-336, 1978.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 528p.

FARMER, C. G. Parental Care: The Key to Understanding Endothermy and Other Convergent Features in Birds and Mammals. **American Naturalist**, v. 155, p. 326-334, 2000.

GEBREMEDHIN, K. G.; WU, B. A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, p. 537-545, 2001.

GRIGG, G. C.; BEARD, L. A.; AUGEE, M. L. The evolution of endothermy and its diversity in mammals and birds. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 77, n. 6, p. 982-997, 2004.

HANNEMAN, S. K.; JESURUM-URBAITIS, J. T.; BICKEL, D. R. Comparison of methods of temperature measurement in swine. **Laboratory Animals**, v. 38, p. 297-306, 2004.

HEINRICH, B. Why have some animals evolved to regulate a high body temperature? **American Naturalist**, v. 111, p. 623-640, 1977.

HOSKEN, F. M.; SILVEIRA, A. C. **Criação de cutias**. v. 4. Viçosa, MG: Ed. Aprenda Fácil, 2001.

HÖTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-Estar Animal na Agricultura do Século XXI. **Revista de Etologia**, v. 6, n. 1, p. 03-15, 2004.

LANDA, D. C.; BRASIL-NETO, J. P.; BOECHAT-BARROS, R.; URIBE, C. Normative study of tympanic infrared thermometry. A non-invasive index of asymmetric cerebral activity. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v. 66, n. 1, p. 50-52, 2008.

LITTELL, R. C.; FREUND, R. J.; SPECTOR, P. C. **SAS® System for Linear Models**. 3. ed. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1991. 329p.

LOPES, J. B.; CAVALCANTE, R. R.; ALMEIDA, M. M.; CARVALHO, M. A. M.; MOURA, S. G.; DANTAS FILHO, L. A.; CONCEIÇÃO, W. L. F. Desempenho de cutias (*Dasyprocta prymnolopha*) criadas em cativeiro do nascimento até o desmame em Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, 2004.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 50, p. 17-22, 2005a.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 49, p. 332-336, 2005b.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: a prediction model. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p.1837-1843, 2008.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S. L.; BALIEIRO, J. C. C. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 647-652, 2010.

MAUCK, B.; BILGMANN, K.; JONES, D. D.; EYSEL, U.; DEHNHARDT, G. Thermal windows on the trunk of hauled-out seals: hot spots for thermoregulatory evaporation. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 1727-1738, 2003.

McNAB, B. K. The evolution of endothermy in the phylogeny of mammals. **American Naturalist**, v. 112, p. 001-021, 1978.

McNAB, B. K. **The physiological ecology of vertebrates: a view from energetic**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 2002. 576p.

MENDONÇA, I. L.; ALMEIDA, M. M.; CONDE JÚNIOR, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MOURA, S. G.; CARVALHO, M. A. M. Análise coproparasitológica de cutias (*Dasyprocta sp.*) criadas em cativeiro. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 3, p. 285-288, 2006.

NOGUEIRA FILHO, S. L. G.; NOGUEIRA, S. S. C. Criação comercial de animais silvestres: produção e comercialização da carne e de subprodutos na região Sudeste da Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 31, p. 188-195, 2000.

PACHALY, J. R.; RAMOS, T. M.; NOGUEIRA, A. A.; LANGE, R. R.; NOGUEIRA, M. F.; CIFFONI, E. M. G. Order Rodentia (Rodents). In: M. E. FOWLER, Z. S. CUBAS. **Biology, medicine, and surgery of South American wild animals**. Ames: Iowa State University Press, 2001. p. 225-237.

PARR, L. A.; HOPKINS, W. D. Brain temperature asymmetries and emotional perception in chimpanzees, *Pan troglodytes*. **Physiology & Behavior**, v. 71, n. 3-4, p. 363-371, 2000.

PHILLIPS, P. K.; HEATH, J. E. Dependency of surface temperature regulation on body size in terrestrial mammals. **Journal of Thermal Biology**, v. 20, n. 3, p. 281-289, 1995.

RANDALL, D. J.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. Eckert, **Fisiologia Animal: Mecanismos e Adaptações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 729p.

RODRIGUES, R. F.; MIGLINO, M. A.; FERRAZ, R. H. S.; MORAIS-PINTO, L. Placentação em cutias (*Dasyprocta aguti*, Carleton, M. D.): aspectos morfológicos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 133-137, 2003.

RUBEN, J. A. The evolution of endothermy in mammals and birds: from physiology to fossils. **Annual Review of Physiology**, v. 57, p. 69-95, 1995.

SANTOS, C. R.; ORTÊNCIO FILHO, H.; BARBOSA, O. R.; CARDOZO, R. M.; ARAÚJO, D. N.; FORNARI, D. C.; GUARAGNI, M.; FREGADOLLI, R. M. Etologia de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris* L. 1766) jovens semiconfinadas no Norte do Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 27, n. 1, p. 163-169, 2005.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Editora Santos, 2002. 600p.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Ed. Nobel, 2000. 285p.

SILVA, R. G.; LASCALA Jr., N.; LIMA FILHO, A. E.; CATHARIN, M. C. Respiratory heat loss in the sheep: a comprehensive model. **International Journal of Biometeorology**, v. 46, p. 136-140, 2002.

SILVA, R. G.; STARLING, J. M. C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1956-1961, 2003.

ŠUMBERA, R.; ZELOVÁ, J.; KUNC, P.; KNÍŽKOVÁ, I.; BURDA, H. Patterns of surface temperatures in two mole-rats (Bathyergidae) with different social systems as revealed by IR-thermography. **Physiology & Behavior**, v. 92, p. 526-532, 2007.

TATTERSALL, G. J.; ANDRADE, D. V.; ABE, A. G. Heat exchange from the toucanbill reveals a controllable vascular thermal radiator. **Science**, v. 325, p. 468-470, 2009.

TIRADO, C.; CORTÉS, A.; BOZINOVIC, F. Water balance in two South American *Phyllotis* desert rodents, *P. xanthopygus rupestris* and *P. darwini darwini*. **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 664-670, 2008.

TOMAZ, C.; VERBURG, M. S.; BOERE, V.; PIANITA, T. F.; BELO, M. Evidence of hemispheric specialization in marmosets (*Callithrix penicillata*) using tympanic membrane thermometry. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 36, p. 913-918, 2003.

TRACY, R. L.; WALSBERG, G. E. Prevalence of cutaneous evaporation in merriam's kangaroo rat and its adaptive variation at the subspecific level. **Journal of Experimental Biology**, v. 203, p. 773-781, 2000.

WALSBERG, G. E. Small Mammals in Hot Deserts: Some Generalizations Revisited. **Bioscience**, v. 50, n. 2, p. 109-120, 2000.

WEISSENBOCK, N. M.; WEISS, C. M.; SCHWAMMER, H. M.; KRATOCHVIL, H. Thermal windows on the body surface of African elephants (*Loxodonta africana*) studied by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v. 35, p. 182-188, 2010.

ZHU, M.; ACKERMAN, J. J. H.; SUKSTANSKII, A. L.; YABLONSKIY, D. A. How the body controls brain temperature: the temperature shielding effect of cerebral blood flow. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, p. 1481-1488, 2006.

ZHU, W.-L.; JIA, T.; LIAN, X.; WANG, Z.-K. Evaporative water loss and energy metabolic in two small mammals, voles (*Eothenomys miletus*) and mice (*Apodemus chevrieri*), in Hengduan mountains region. **Journal of Thermal Biology**, v. 33, p. 324- 331, 2008.