

## Evaporação cutânea e respostas fisiológicas de caprinos Canindé em ambiente equatorial semiárido

*Cutaneous evaporation and physiological responses of Canindé goats in equatorial semi-arid environment*

Juliana Jéssica Ferreira Coelho Silva ▪ Jânio Lopes Torquato ▪  
Geovan Figueirêdo de Sá Filho ▪ João Batista Freire de Souza Jr ▪  
Leonardo Lelis de Macedo Costa

**JJFC Silva** (Autor para correspondência) ▪ **JL Torquato** ▪ **GF Sá Filho** ▪ **JBF Souza Jr** ▪ **LLM Costa** email: juliana-jessica@hotmail.com  
Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do  
Smi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil.

Recebido: 15 de Julho, 2013 ▪ Revisado: 22 de Julho, 2013 ▪ Aceito: 22 de Julho, 2013

**Resumo** Este trabalho teve como objetivo avaliar a perda de calor por evaporação cutânea e respostas fisiológicas de cabras Canindé em ambiente equatorial semiárido. Utilizou-se 10 cabras da raça Canindé nas condições ambientais de Mossoró (5°11' Sul, 37°22' Oeste, 18m de altitude), RN, Brasil. As coletas foram realizadas em intervalos de uma hora, iniciando às 07:00 h e terminando às 17:00 h. Foram avaliadas a perda de calor por evaporação cutânea ( $E_c$ ,  $W.m^{-2}$ ) e a temperatura superficial ( $T_s$ , °C) sob os efeitos do ambiente (sombra e sol) e para diferentes regiões corporais (pescoço, flanco e coxa), assim como a interação entre estes efeitos. Foi igualmente avaliado o efeito do ambiente sobre a frequência respiratória ( $Fr$ ,  $resp.min^{-1}$ ) e a temperatura retal ( $T_r$ , °C). Verificou-se efeito significativo do ambiente ( $P < 0,01$ ) sobre todas as variáveis. A região corporal teve efeito significativo sobre a  $E_c$ . Com relação ao efeito da região corporal sobre a  $E_c$ , o pescoço apresentou maior  $E_c$  média ( $51,26 W.m^{-2}$ ), diferindo apenas do flanco. Conclui-se que, quando expostos a radiação solar direta, os caprinos da raça Canindé ativam mecanismos evaporativos para dissipar o excesso de calor ganho do ambiente. Verificou-se diferenças regionais na evaporação cutânea, sendo esta mais intensa na região do pescoço.

**Palavras-chave** radiação solar, temperatura do ar, superfície corporal, frequência respiratória

### Introdução

Sob intensa radiação solar e elevadas temperaturas, como ocorre em ambiente equatorial semiárido, os mecanismos sensíveis de termólise utilizados pelos animais, tais como condução, convecção e radiação se tornam

**Abstract** This study aimed to evaluate the heat loss by cutaneous evaporation and physiological responses of goats Canindé in environment equatorial semiarid. We used 10 goats Canindé environmental conditions of Mossoró (5°11' S, 37°22' W, 18m above sea level), RN, Brazil. Samples were collected at intervals of one hour, starting at 07:00 and ending at 17:00. We evaluated the heat loss by cutaneous evaporation ( $E_c$ ,  $W.m^{-2}$ ) and surface temperature ( $T_s$ , °C) under the effects of the environment (sun and shade) and for different body areas (neck, flank and thigh), and the interaction among these effects. It also assessed the effect of environment on respiratory rate ( $Fr$ ,  $resp.min^{-1}$ ) and rectal temperature ( $T_r$ , °C). There was a significant effect of environment ( $P < 0.01$ ) on all the variables. The body region had a significant effect on  $E_c$ . Regarding the effect of body region on  $E_c$ , neck showed higher  $E_c$  average ( $51.26 W.m^{-2}$ ), differing only from the flank. We conclude that, when exposed to direct solar radiation, the breed goats Canindé activate evaporative mechanisms to dissipate excess heat gain from the environment. There were differences in regional cutaneous evaporation, which was most intense in the neck region.

**Keywords** solar radiation, air temperature, body surface, respiratory rate

inefcazes, visto que estes mecanismos dependem diretamente da temperatura ambiente, onde, sob estas condições, se tornariam mecanismos de ganho de energia térmica (Silva & Starling, 2003).

Para que os animais possam dissipar o excesso de energia térmica corporal sob altas temperaturas ambiente, os mecanismos evaporativos de perda de calor, os quais ocorrem na superfície da epiderme por meio da sudorese e pelo sistema respiratório (Maia et al 2005ab), se tornam predominantes. Dessa forma, a tolerância dos animais as condições ambientais pode ser determinada, não somente por medidas fisiológicas como frequência respiratória e temperatura corporal, como também por meio da taxa de sudorese e pela temperatura retal (Aiura et al 2010).

O conhecimento da perda de calor por evaporação cutânea em caprinos nativos do semiárido brasileiro se faz necessário, visto que a maioria dos estudos foram realizados com animais de origem européia (Ligeiro et al 2006; Aiura et al 2010) e sem padrão racial definido (Costa et al 2013). Portanto o presente estudo teve como objetivo avaliar a perda de calor por evaporação cutânea e respostas fisiológicas de cabras Canindé em ambiente equatorial semiárido.

## Material e Métodos

### Local e animais

Utilizou-se 10 cabras da raça Canindé nas condições ambientais de Mossoró (5°11' Sul, 37°22' Oeste, 18m de altitude), RN, Brasil. As coletas foram realizadas em intervalos de uma hora, com início às 07:00 h e término às 17:00 h. Em cada dia de coleta, foram analisados 3 animais, os quais foram mantidos à sombra e ao sol simultaneamente. Os animais foram mantidos em um aprisco (8 m de largura, 17,75 de comprimento e 3,31 de altura) dentro de baias (3,20 m de largura por 5,70 m de comprimento), as quais possuíam parte coberta por telhas de cerâmica e parte exposta ao sol.

### Variáveis ambientais

Durante cada dia de amostragem, a temperatura do ar ( $T_a$ , °C), a temperatura do globo negro ( $T_g$ , °C), a velocidade do vento ( $V_v$ ,  $m.s^{-1}$ ) e umidade relativa (UR %) foram aferidos em intervalos regulares de 1 hora. A  $T_a$ ,  $V_v$  e UR foram aferidas por meio de um Termo-Higro-Anemômetro Luxímetro Digital (modelo THAL-300, INSTRUTHERM). A  $T_g$  foi obtida ao sol e a sombra, por meio de um termômetro digital tipo haste (WATERPROOF), o qual foi inserido no centro de cada globo (esfera oca de cobre, com 0,15 m de diâmetro) e posicionados na altura do dorso dos animais. Foi calculada, para os dois ambientes, a temperatura radiante média (TRM, °C), a qual foi utilizada para obter carga térmica radiante ( $CTR = \sigma TRM^4$ ,  $W.m^{-2}$ ) de acordo com a equação proposta por Da Silva et al (2010).

### Variáveis fisiológicas

A frequência respiratória ( $Fr$ ,  $resp.min^{-1}$ ) foi mensurada por meio da observação dos movimentos do flanco durante um minuto. Já a temperatura retal ( $Tr$ , °C) foi aferida através da utilização de um termômetro clínico inserido aproximadamente 5 cm no reto dos animais. A temperatura superficial ( $T_s$ , °C) foi aferida com um termômetro de infravermelho de precisão (modelo 576, FLUKE) em diferentes regiões da superfície corporal (pescoço, flanco e coxa).

### Evaporação cutânea

A evaporação cutânea ( $Ec$ ,  $W.m^{-2}$ ) nas 3 regiões corporais (pescoço, flanco e coxa) foi determinada por meio de uma cápsula ventilada com 7 cm de diâmetro, como descrita por Maia et al. (2005ab). A cápsula foi ligada a um analisador de gás  $CO_2/H_2O$  (Modelo Li-7000, LI-COR) e conectada a um computador que registrava a pressão atmosférica ( $P_{atm}$ , kPa), a pressão parcial de vapor (PAR, em kPa) e a pressão parcial de vapor no interior da cápsula (CPPE). A vazão de ar da cápsula foi mantida constante em  $1,88 L min^{-1}$  de modo que as temperaturas de superfície dentro e fora da cápsula foram as mesmas, assim como é exigido para validar as estimativas de perda de água através de pele (Maia et al 2005b).

Desta forma, calculou-se a perda do calor latente por evaporação cutânea ( $Ec$ ,  $W.m^{-2}$ ) a partir da seguinte equação:

$$Ec = A_{CAP}^{-1} \lambda \Phi (\Psi_S - \Psi_A)$$

onde  $A_{CAP}$  é a área da superfície cutânea sob a cápsula ( $m^2$ ),  $\lambda$  representa o calor latente de vaporização da água ( $J g^{-1}$ ),  $\Phi$  é a taxa de fluxo de ar através da cápsula ( $m^3 s^{-1}$ ) e as variáveis  $\Psi_S$  e  $\Psi_A$  são as umidades absoluta do ar na saída da cápsula e na atmosfera, respectivamente ( $g m^{-3}$ ), segundo Maia et al. (2005a). A temperatura da superfície cutânea no interior da cápsula foi aferida por meio de um sensor (Termopar tipo K) conectado em um termômetro digital (Minipa, MT-600, São Paulo, Brazil).

### Análise estatística

A análise de variância foi realizada pelo método dos quadrados mínimos para dados não-balanceados (Silva 1993). As médias estimadas foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas utilizando o software Statistical Analysis System (SAS Institute, Cary, NC). O modelo estatístico para a  $Tr$  e  $Fr$  levou em consideração apenas o efeito do ambiente. O modelo utilizado para a  $Ec$  e  $T_s$  segue abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_j + I_{ij} + e_{ijk}$$

onde  $Y_{ijk}$  é a *k*-ésima observação da  $E_c$  e  $T_s$  aferida no animal situado no *i*-ésimo ambiente e na *j*-ésima região da superfície corporal.  $A_i$  é o efeito fixo do *i*-ésimo ambiente (*i* = sol e sombra);  $R_j$  é o efeito fixo da *j*-ésima região corporal (*j* = pescoço, flanco e coxa);  $I_{ij}$  é o efeito da interação entre o *i*-ésimo ambiente com a *j*-ésima região corporal;  $e_{ijk}$  é o efeito residual que inclui todas as demais fontes de variação não consideradas no modelo;  $\mu$  é a média geral.

**Resultados e Discussão**

A Tabela 1 apresenta as médias e os respectivos erros padrão das variáveis ambientais monitoradas durante o estudo. A  $T_a$  apresentou uma média de 32,85 °C, que foi superior aos valores encontrados por Souza Jr et al (2013) e muito próxima a média encontrada por Da Silva et al (2012) (27,7 e 33,1 °C, respectivamente). A TRM média ao sol (56,4 °C) superou em mais de 20 °C aquela aferida à sombra (34,9 °C). A elevada TRM ao sol pode ser confirmada com a elevada CTR neste ambiente (672,8 W.m<sup>-2</sup>) quando comparada com o valor observado à sombra (511,2 W.m<sup>-2</sup>). A UR média (51,1%) não foi um obstáculo para a dissipação de calor por evaporação cutânea. A  $V_v$  média foi 0,9 m.s<sup>-1</sup>.

Na análise de variância (Tabela 2) para os dados de  $E_c$  e  $T_s$  foram considerados os efeitos do ambiente, da região corporal e sua interação; sendo considerado apenas o efeito do ambiente na análise de variância para a  $T_r$  e  $F_r$ . Verificou-se efeito significativo do ambiente ( $P < 0,01$ ) sobre todas as variáveis. A região corporal apresentou efeito significativo apenas para a  $E_c$ . A interação não apresentou efeito significativo sobre nenhuma das variáveis analisadas.

**Tabela 1** Médias e respectivos erros padrão, valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas monitoradas.

Varáveis	n	Média	Mínima	Máxima
$T_a$ (°C)	411	32,8±0,1	26,8	39,3
UR (%)	411	51,1±0,5	27,3	76,7
$V_v$ (m.s <sup>-1</sup> )	411	0,9±0,03	0	2,5
TRM sombra (°C)	411	34,9±0,1	13,7	24,2
TRM sol (°C)	411	56,4±0,5	33,8	76,1
CTR sombra (W.m <sup>-2</sup> )	411	511,2±0,8	470,2	538,4
CTR sol (W.m <sup>-2</sup> )	411	672,8±4,4	503,5	843,6

**Tabela 2** Análise de variância para os efeitos do ambiente, região corporal e sua interação sobre a  $E_c$  e  $T_s$ , além do efeito do ambiente sobre a  $T_r$  e  $F_r$ .

Fonte de Variação	gl	$E_c$	$T_s$	gl	$T_r$	$F_r$
Ambiente	1	189629,1974*	3640,0697*	1	71,7016*	144604,0506*
Região Corporal	2	5328,2993*	1,3505	-	-	-
Ambiente x Região Corporal	2	4218,0336	1,2728	-	-	-
Resíduos	405	833,1512	12,6837	409	0,47464	989,1520

\*  $P < 0,01$

Os animais apresentaram maior perda de calor por evaporação cutânea ao sol (69,05±2,53 W.m<sup>-2</sup>), como descrito na Tabela 3. Resultado similar foi obtido por Costa et al (2013) em caprinos sem padrão racial definido em ambiente equatorial semiárido, os quais apresentaram uma maior evaporação cutânea quando expostos ao sol (74,40±1,26 W.m<sup>-2</sup>) comparados com os animais a sombra (45,54±0,70 W.m<sup>-2</sup>). Em um estudo com vacas holandesas, Maia et al (2005a) relataram uma perda de calor por evaporação cutânea de 350 W.m<sup>-2</sup> com animais à sombra, elevando-se para 500 W.m<sup>-2</sup> após serem expostos à radiação solar direta. Baseado nestes resultados verifica-se que o excesso de energia térmica proveniente da radiação solar direta levou os animais a uma situação de estresse térmico, onde a ativação dos mecanismos evaporativos foi necessária para tentar reverter esta condição térmica adversa.

Sob  $T_a$  média de 32,8 °C e CTR de 672,8 W.m<sup>-2</sup>, a  $T_r$  média elevou-se a 39,67 °C e a  $T_s$  média atingiu 41,69 °C.

Nestas condições, os animais expostos ao sol ativaram seus mecanismos termorregulatórios. Além disso, observou-se também um aumento da  $F_r$ , que atingiu uma média de 99,48 resp.min.<sup>-1</sup>. A elevação de tais variáveis fisiológicas em virtude do aumento da temperatura e quantidade de radiação solar também é observado tanto no estudo de Santos et al (2005) sobre adaptabilidade de caprinos naturalizados e exóticos sob clima semi-árido, quanto em caprino de raças Anglo-Nubiana, Savana, Boer e Moxotó avaliados por Silva et al (2010).

Não houve diferença significativa entre a região do flanco e coxa para perda de calor por evaporação cutânea. Entretanto, o pescoço apresentou uma diferença significativa em relação ao flanco ( $P < 0,01$ ), onde a região do pescoço apresentou maior média 51,26 W.m<sup>-2</sup>. Estes resultado são semelhantes aos encontrados por Costa et al (2013) na região do pescoço (55,31 W.m<sup>-2</sup>) de caprinos sem padrão racial definido nas mesmas condições ambientais do presente

estudo. Os mesmos autores verificaram que a região corporal que apresentou o maior valor da Ec foi a coxa, a qual não

diferiu significativamente do flanco (62,98 e 61,89 W.m<sup>-2</sup>, respectivamente).

**Tabela 3** Médias estimadas por quadrados mínimos ( $\pm$  erro padrão) da perda de calor por evaporação cutânea (Ec, W.m<sup>-2</sup>), temperatura de superfície corporal (Tr, °C), frequência respiratória (Fr, resp.min.<sup>-1</sup>) e temperatura retal (Tr, °C) de caprinos Canindé em ambiente equatorial semiárido.

Efeito	n	Ec (W.m <sup>-2</sup> )	Ts (°C)	Fr (resp.min. <sup>-1</sup> )	Tr (°C)
Média Geral	411	37,59±1,79	37,34±0,23	72,06±1,80	39,06±0,04
Ambiente					
Sombra	280	22,81±1,73 <sup>b</sup>	35,31±0,21 <sup>b</sup>	59,23±1,87 <sup>b</sup>	38,78±0,04 <sup>b</sup>
Sol	131	69,05±2,53 <sup>a</sup>	41,69±0,31 <sup>a</sup>	99,48±2,74 <sup>a</sup>	39,67±0,06 <sup>a</sup>
Região corporal					
Pescoço	137	51,26±2,53 <sup>a</sup>	38,51±0,31 <sup>a</sup>	-	-
Flanco	134	40,91±2,57 <sup>b</sup>	38,56±0,31 <sup>a</sup>	-	-
Coxa	140	45,63±2,50 <sup>ab</sup>	38,42±0,30 <sup>a</sup>	-	-

Médias seguidas de mesma letra, no mesmo efeito, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,01)

Os resultados semelhantes foram encontrados por Da Silva et al (2012) para vacas leiteiras em ambiente equatorial semiárido, onde a maior média foi no pescoço (133,3 W.m<sup>-2</sup>), seguido pelo flanco (116,2 W.m<sup>-2</sup>) e os quartos traseiros (98,6 W.m<sup>-2</sup>). Scharf et al (2008), estudando bovinos Angus em câmara climática, encontrou taxas de sudação diferentes quando mediu em duas diferentes regiões corporais (10 cm abaixo da cernelha e ancas). Apesar de não serem as mesmas regiões corporais analisadas no presente estudo, os resultados apresentados por Scharf et al (2008) indicam que há diferença na evaporação dependendo da região da superfície cutânea a qual é aferida.

## Conclusões

Quando expostos à radiação solar direta, caprinos da raça Canindé ativam mecanismos evaporativos para dissipar o excesso de calor ganho do ambiente. Verificaram-se diferenças regionais na evaporação cutânea, sendo esta mais intensa na região do pescoço.

## Referências

Aiura ALO, Aiura FS, Silva RG (2010) Respostas termorreguladoras de cabras saanen e pardo alpina em ambiente tropical. *Archivos de Zootecnia* 59:605-608.

Costa CCM, Maia ASC, Fontenele Neto JD, Oliveira SEO, Queiroz JPAF (2013) Latent heat loss and sweat gland histology of male goats in an equatorial semi-arid environment. *International Journal of Biometeorology*. doi 10.1007/s00484-013-0642-2

Da Silva RG, Starling JMC (2003) Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1956-1961.

Da Silva RG, Maia ASC, Costa LLM et al (2012) Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. *International Journal of Biometeorology* 56:927-932.

Ligeiro EC, Maia ASC, Silva RG, Loureiro CMB (2006) Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:544-549.

Maia ASC, DaSilva RG, Battiston Loureiro CM (2005a) Sensible and latent heat loss from body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology* 50:17-22.

Maia ASC, Silva RG, Battiston Loureiro CM (2005b) Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology* 49:332-336.

Santos FCB, Souza BB, Alfaro CEP, Fontes César M, Pimenta Filho EC, Acosta AA, Santos JRS (2005) Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do nordeste brasileiro. *Ciência e Agrotecnologia* 29:142-149.

Scharf B, Wax LE, Aiken GE, Spiers DE (2008) Regional differences in sweat rate response of steers to short-term heat stress. *International Journal of Biometeorology* 52:725-732.

Silva EMN, Souza BB, Sousa OB, Silva GA, Freitas MMS (2010a) Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. *Revista Caatinga* 23:142-148.

Souza Jr JBF, Arruda AMV, Domingos HGT, Costa LLM (2013) Regional differences in the surface temperature of Naked Neck laying hens in a semi-arid environment. *International Journal of Biometeorology* 57:377-380.