



Interferência do balanço e relação eletrolítica sobre as variáveis fisiológicas de cordeiros lanados submetidos ao estresse pelo calor

[*Interference of the electrolyte balance and relationship on physiological variables of wool lambs submitted to heat stress*]

“Artigo Científico/Scientific Article”

Francisco Augusto Ricci **Catalano**^{1*}, Fernanda **Bovino**², Francisco Leydson Formiga **Feitosa**³, Juliana Regina **Pieró**³, Manoel **Garcia Neto**³, Max José de Araujo **Faria Junior**³, Luiz Claudio Nogueira **Mendes**³

¹Centro Universitário Integrado (CEI), Instituto Integrado de Ciência e Tecnologia (IN2), Campo Mourão-PR, Brasil.

²Faculdade de Ciências Agrárias de Andradina, Andradina-SP, Brasil.

³Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba-SP, Brasil.

* Autor para correspondência/Corresponding author. E-mail: franciscoarcatalano@gmail.com

Resumo

Objetivou-se com o presente experimento investigar se a manipulação do equilíbrio eletrolítico das dietas, com base em modificações no balanço eletrolítico (BE) e relação eletrolítica (RE), interfere na resposta dos parâmetros fisiológicos de cordeiros lanados submetidos ao estresse pelo calor. Para tanto, foram avaliadas as variáveis fisiológicas de doze cordeiros lanados, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial incompleto 3x3, totalizando cinco tratamentos. As variáveis fisiológicas foram avaliadas em três períodos distintos, dois deles com temperaturas médias de 28°C, apresentando um período intermediário com temperaturas variando entre 35 e 37°C. Os balanços eletrolíticos estudados foram 0, 50 e 100 mEq kg⁻¹ e as relações eletrolíticas 5:1, 10:1 e 15:1. Os resultados das variáveis fisiológicas foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão. Os parâmetros frequência respiratória, frequência cardíaca, temperatura do globo ocular, temperatura da axila e temperatura de mucosa retal se apresentaram sensíveis aos níveis de suplementação de BE e/ou RE e também foram influenciadas de forma significativa (P<0,05) pela elevação na temperatura ambiental. Dessa forma, podemos concluir que a manipulação do equilíbrio eletrolítico em ovinos lanados foi capaz de interferir nas respostas fisiológicas desses animais.

Palavras-chave: estresse térmico; ovinos; nutrição; variáveis fisiológicas.

Abstract

The objective of this experiment was to investigate whether manipulation of the electrolyte equilibrium of the diets, based on electrolyte balance (BE) and electrolyte ratio (RE) modifications, interfere in the response of the physiological parameters of lambs submitted to heat stress. For that, the physiological variables of twelve animals were distributed in a completely randomized experimental design, in an incomplete 3x3 factorial arrangement, totaling five treatments. The physiological variables were evaluated in three distinct periods, two of them with average temperatures of 28°C, with an intermediate period with temperatures varying between 35 and 37°C. The studied electrolyte balances were 0, 50 and 100 mEq kg⁻¹ and the electrolyte ratios 5:1, 10:1 and 15:1. The results of the physiological variables were submitted to analysis of variance and later to regression analysis. The parameters: respiratory rate, heart rate, eye temperature, armpit temperature and rectal mucosal temperature were sensitive to supplementation levels of BE and or RE and were also significantly influenced (P <0.05) by ambient temperature. Thus, we can conclude that the manipulation of the electrolyte balance in sheep was able to interfere in the physiological responses of these animals.

Keywords: thermal stress; sheep; nutrition; physiological variables.

Recebido 02 de setembro de 2019. Aceito 26 de fevereiro de 2021.

DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v15n2-2715>

Introdução

A maior parte do território brasileiro encontra-se na faixa tropical em que predominam altas temperaturas, elevada incidência de radiação solar, baixa amplitude térmica ao longo do ano e grande amplitude térmica diária (Sant'Anna Neto, 2005). A associação desses eventos climáticos impacta diretamente na produção animal (Hulme, 2005), afetando negativamente a fertilidade e produtividade (Marai et al., 2007).

Para que os ovinos expressem seu potencial produtivo máximo há necessidade de uma faixa térmica adequada, também conhecida como zona de conforto térmico (Baeta e Souza, 1997). Quando esta faixa é ultrapassada, mecanismos fisiológicos são ativados para que a temperatura corpórea se mantenha dentro dos limites (Silva, 2000). O aumento da frequência respiratória (Cezar et al., 2004), aumento da frequência cardíaca (Eustáquio Filho et al., 2011), aumento da temperatura superficial (Mendes et al., 2013; McManus et al., 2015), alterações comportamentais, aumento da ingestão de água e redução no consumo de alimento (Lima et al., 2014) são exemplos desses mecanismos. Porém, quando essas respostas são insuficientes e há dificuldade de manutenção da temperatura corpórea, o animal entra em quadro de hipertermia, principal característica do estresse por calor (Silva, 2000).

Muita atenção tem sido dada à manipulação do balanço ácido-básico e eletrolítico em dietas na avicultura de corte e em vacas leiteiras, no sentido de reverter e ou prevenir distúrbios metabólicos encontrados nessas espécies (Eustáquio Filho et al., 2011). Estudos com a manipulação do balanço eletrolítico (BE) em ovinos foram realizados como forma de prevenir distúrbios metabólicos relacionados ao metabolismo de cálcio, fósforo e magnésio (Block e Takagi, 1991; Del Claro et al., 2006) demonstrando que a sua manipulação interfere no metabolismo desses macrominerais (Gomide et al., 2014).

Além disso, Mongin (1981) adverte sobre a necessidade de se adequar uma ração não apenas ao BE, pela diferença $([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [S^{2-}])$, mas, também, quanto à relação eletrolítica (RE) $([K^+] + [Cl^-] + [S^{2-}]) / [Na^+]$. Desta forma, além do cálculo da diferença entre a concentração total de ânions e cátions, também será calculada a proporção adequada entre potássio (K) e o sódio (Na) da alimentação.

Em ovinos, os valores do balanço eletrolítico e relação eletrolítica não são descritos na literatura e os seus efeitos como forma de prevenir distúrbios metabólicos relacionados ao estresse calórico é desconhecido. Dentro deste contexto, mostra-se oportuno avaliar o efeito da variação nas concentrações de sais na ração de ovinos submetidos à alta temperatura, como medida prática de conhecimento das ações do balanço e relação eletrolítica sobre o estresse pelo calor.

Sendo assim, objetivou-se com o presente experimento investigar se a manipulação do equilíbrio eletrolítico das dietas, com base em modificações no balanço eletrolítico (BE) e relação eletrolítica (RE), interfere na resposta dos parâmetros fisiológicos de cordeiros lanados submetidos ao estresse pelo calor.

Material e Métodos

Foram estudadas cinco dietas para cordeiros com diferentes equilíbrios eletrolíticos, resultantes da combinação entre os BE de 0, 50 e 100 mEq kg^{-1} de ração e as RE, de 5:1, 10:1 e 15:1 (Tabela 1), sendo que os valores de BE e RE do ponto central (50 mEq kg^{-1} e 10:1) foram determinados através do cálculo de BE e RE das rações (concentrados comerciais e volumoso) destinadas a esta fase de criação e as demais combinações para avaliar os efeitos dos desvios de BE e RE sobre a resposta fisiológica dos cordeiros ao estresse por calor. O BE e a RE foram calculados por: $BE = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [S^{2-}])$, em meq kg^{-1} de ração e $RE = ([K^+] + [Cl^-] + [S^{2-}]) / [Na^+]$.

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial incompleto 3x3, totalizando cinco tratamentos, com duas repetições por tratamento, sendo quatro repetições para o ponto central.

O ensaio foi conduzido no galpão experimental climatizado do Setor de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), edificado de alvenaria, com orientação leste-oeste, coberto com telhas especiais com isolamento térmico, fechamento lateral com cortinas e equipado com sistema de climatização por resfriamento evaporativo adiabático e ventilação de pressão negativa. Em seu interior, os animais foram alojados em cinco baias, quatro delas com dimensões de 1,5 x 3,0m alojando dois cordeiros cada e uma quinta baia com o tamanho 3,0 x 3,0m alojando quatro cordeiros.

Foram utilizados doze cordeiros mestiços, lanados, cruzamentos das raças Suffolk, Texel e Ile de France com cerca de três meses de idade, pesando em média dezoito quilos, que foram alimentados seguindo-se as recomendações do *National Research Council* (NRC,1985) sempre às 7:00 e 18:00 horas. Para se obter os valores de balanço e relação eletrolíticas propostos, os sais (NaHCO_3 , NaCl , KHCO_3 , K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MnSO_4 , ZnSO_4 e ureia) foram ajustados conforme

as necessidades mínimas em Na, K, cloro (Cl) e enxofre (S) e os ajustes eletrolíticos indicados para cada tratamento. Na Tabela 1 encontra-se representada a composição percentual dos ingredientes de cada tratamento.

Para o cálculo das rações, foi empregado o *software* Programa Prático para Formulação de Rações (PPFR) modificado para o princípio não linear de formulação, visando atender especificamente o cálculo da relação eletrolítica.

Tabela 1. Composição percentual das dietas em base natural de acordo com cada tratamento

Ingredientes		Equilíbrio Eletrolítico (BE/RE)				
		0 / 10:1	50 / 5:1	50 / 10:1	50 / 15:1	100 / 10:1
Silagem milho maduro	%	75,83	77,5	83,5	96,4	91
Milho (grão)	%	15,91	12,9	11,8		3,6
Trigo, farelo	%	3,79	5,6	0,02		1,9
Soja, farelo (44%)	%	3,7	3,1	4	3,1	3,1
Calcário calcítico (Ca)	%	0,37	0,4	0,2		0,09
Fosfato bicálcico (P)	%	0,067		0,2	0,17	0,1
Sal comum (NaCl)	%	0,09	0,2	0,07	0,05	0,07
Flor enxofre 70%	%	0,08	0,03	0,04	0,08	0,02
Composição Calculada						
NDT	%	30,2	29	26,3	18,9	21,9
PB	%	5,6	5,3	4,9	3,5	4,0
Ca	%	0,28	0,27	0,25	0,19	0,21
P	%	0,14	0,14	0,12	0,09	0,10
Na	%	0,47	0,09	0,04	0,03	0,03
K	%	0,36	0,36	0,35	0,38	0,36
S	%	0,12	0,09	0,09	0,1	0,06
Cl	%	0,12	0,2	0,12	0,1	0,1
BE		0	50	50	50	100
RE		10	5	10	15	10

BE = balanço eletrolítico, RE = relação eletrolítica, NDT = nutrientes digestíveis totais, PB = proteína bruta, Na = sódio, K = potássio, S = enxofre e Cl = cloro.

Os animais permaneceram confinados no galpão por quarenta dias e foram alojados em cinco grupos, recebendo água e rações experimentais *ad libitum*. Durante o primeiro e o 34º dia de experimento, os animais foram mantidos em temperatura média de 28°C e umidade relativa do ar em torno de 70. Ao 35º dia de experimento, foram submetidos a um estresse calórico, com temperaturas na faixa de 35 a 37° C e umidade relativa do ar em torno de 35, com início às 13:00 horas e término às 17:00 horas, durante quatro dias consecutivos. Para que isto fosse possível, o sistema de refrigeração e ventilação do galpão foi desligado às 13:00 horas, com as cortinas fechadas, foi acionado o sistema de aquecimento, constituído por uma série de resistências cônicas, com 400 W de potência cada, com controle automatizado de temperatura, garantindo a elevação gradual da temperatura ambiental chegando à temperatura máxima às

15:00 horas de cada dia. No término das quatro horas, o sistema de aquecimento era desligado e o de refrigeração ligado baixando a temperatura ambiental próximo dos 28°C rapidamente.

Para avaliar a resposta dos cordeiros ao estresse calórico foram aferidas as variáveis fisiológicas, frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura do globo ocular (TO), temperatura da axila (TA), temperatura de mucosa retal (TR) e motilidade ruminal (MR). Os cordeiros foram avaliados às 15:00 horas e às 17:00 horas, antes do período de estresse calórico (34º dia), sob estresse calórico (35º ao 38º dia) e depois do período de estresse calórico (39º dia). A temperatura retal foi medida por termômetro de mercúrio. A termografia do globo ocular e axila com auxílio da câmera Flir i60 (Flir Systems - USA) a um metro de distância dos animais em repouso, sendo as imagens gravadas e analisadas através do programa Quick

Report. A FR, FC e MR foram determinadas, respectivamente, pela contagem dos batimentos cardíacos, movimentos respiratórios e motilidade ruminal em um minuto, com o auxílio de um estetoscópio modelo Littmann Classic II® (3M, EUA).

Para a realização da análise estatística, foram obtidas as médias das variáveis fisiológicas de cada um dos grupos entre os resultados das 15:00 horas e 17:00 horas para os três períodos estudados. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e independente de terem sido significativas, a análise de regressão foi realizada (nível de significância de 5%), utilizando os modelos lineares e quadráticos, bem como a possibilidade de interações para entender a influência dos níveis de cada suplementação e período sobre as variáveis fisiológicas (Rodrigues e Lema, 2014). As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o Modelo Linear Geral (GLM) e RSREG do sistema SAS® (SAS INSTITUTE, 1999).

Resultados e Discussão

Segundo a análise de regressão, não houve interações entre as combinações de BE, RE e

período, este resultado possibilitou avaliar a influência do BE, RE e período separadamente para cada uma das variáveis fisiológicas, utilizando o gráfico de contorno e superfície de resposta como ferramentas para o entendimento (Rodrigues e Lema, 2014). Ainda, a análise de regressão resultou em efeitos lineares significativos para FR, TO e TA, e efeitos quadráticos significativos para FR, FC, TR, TO, TA e MR. Na presença de efeito linear e quadrático significativos, o efeito linear foi desconsiderado e avaliado apenas o quadrático devido à sua superioridade na análise (Rodrigues e Lema, 2014).

No desdobramento da análise de regressão da variável FR, constatou-se efeito quadrático significativo para BE (Tabela 2), apesar de não significativo, o efeito quadrático de RE apresentou nível de significância inferior a 8%. Na avaliação do gráfico de superfície de resposta (Figura 1) e gráfico de contorno identificou-se que os valores para as menores FR foram encontrados nos intervalos com BE próximo a 50 e RE entre 10 e 15, com FR que variaram entre 150 e 170 durante o estresse calórico.

Tabela 2. Resultados do desdobramento da análise de regressão das variáveis fisiológicas frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), temperatura do olho (TO), temperatura da axila (TA) e motilidade ruminal (MR) em função das variantes período (PER.), balanço eletrolítico (BE), relação eletrolítica (RE), período²(PER²), balanço eletrolítico² (BE²), relação eletrolítica² (RE²).

Variáveis	FR	FC	TO	TA	TR	MR
	Pr > t	Pr > t	Pr > t	Pr > t	Pr > t	Pr > t
PER.	<,0001	0,048	<,0001	<,0001	<,0001	0,019
BE	0,454	0,235	0,711	0,252	0,159	0,774
RE	0,290	0,091	<,0001	0,610	0,784	0,473
PER. * PER.	<,0001	0,037	<,0001	<,0001	<,0001	0,015
BE * PER.	0,578	0,887	0,632	0,763	0,545	0,856
BE*BE	0,001	0,008	0,004	0,026	0,111	0,483
RE * PER.	0,409	0,722	0,001	0,658	1,000	0,588
RE*RE	0,072	0,058	0,003	0,995	0,685	0,089

O aumento da FR é o primeiro sinal de animais submetidos ao estresse pelo calor, o aumento da FR promove a perda de calor por meio evaporativo, sendo esse mecanismo responsável pela maior taxa de perda de calor em ovinos lanados (Silva, 2000; Marai et al., 2007; Eustáquio Filho et al., 2011).

Segundo Silanikove (2002), a FR pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, sendo que frequências de 40-60, 60-80, 80-120 e acima de 200 movimentos por minuto (mpm) caracterizam, respectivamente, estresse baixo, médio-alto, alto e severo para ovinos. De acordo

com a classificação Silanikove (2002), durante o período de estresse calórico os grupos BE50/RE5 e BE100/RE10 apresentaram estresse calórico severo (202 e 208 mpm, respectivamente) e os grupos BE50/RE15 (151 mpm), BE50/RE10 (173 mpm) e BE0/RE10 (192 mpm) apresentaram estresse calórico entre as classificações alto e severo. Demonstrando que a manipulação de BE e da RE foi capaz de interferir na reposta da FR ao estresse calórico.

Da mesma forma que a FR, a FC apresentou efeito quadrático significativo de BE (Tabela 2) e RE quadrático com nível de

significância de 5,8%. Na avaliação do gráfico de superfície de resposta (Figura 2) e de contorno, identificou-se ponto de máxima com BE próximo a 50 e RE igual a 10 (FC=140 batimentos por minuto - bpm). Ainda, os resultados apontaram

que durante o período de estresse calórico a FC diminui gradativamente à medida que se distanciam do ponto de máxima em direção aos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das médias das variáveis fisiológicas frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), temperatura do olho (TO), temperatura da axila (TA) e motilidade ruminal (MR) em função dos balanços e relações eletrolíticas durante o período de estresse calórico.

Variáveis	Médias das variáveis				
	100:10	50:15	50:10	50:5	0:10
FR (mpm)	208,3	151	173,3	202,3	192,2
FC (bpm)	128,5	136,5	143	128,5	128,5
TO (°C)	38,5	39,1	39	38,7	38,9
TA (°C)	36,5	38,7	37,9	37,3	37,8
TR (°C)	40	40,1	40,1	40	40
MR (mpm)	1,5	1,5	1,6	1,8	1,1

Mpm = movimentos por minuto. Bpm = batimentos por minuto.

A FC também é referida como variável indicadora de estresse calórico quando seu aumento ocorre junto ao da temperatura ambiental (Cezar et al., 2004; Mendes et al., 2013). Este aumento pode ser justificado por uma sobrecarga do sistema cardiovascular em resposta à redistribuição do fluxo sanguíneo imposto ao organismo quando este perde a capacidade de manter a homeotermia (Marins, 1996). Uma forma de redistribuição é o direcionamento do fluxo sanguíneo central para a superfície corporal através da vasodilatação periférica (Souza et al., 2005), que promove uma maior perfusão sanguínea para dissipar calor através da pele (Al-Tamimi, 2006).

No período de estresse por calor os grupos BE50/RE15 e BE50/RE10 apresentaram as maiores FC, possivelmente esses grupos dissiparam mais calor por meio da vasodilatação periférica (Tabela 3) que os demais grupos (Eustáquio Filho et al., 2011). Os grupos BE100/RE10, BE50/RE5 e BE0/RE10 apresentaram as menores FC (Figura 1), no entanto, as maiores FR (Figura 2), esses grupos utilizaram a evaporação pulmonar mais intensamente para dissipar o calor acumulado durante o período de estresse calórico que os grupos BE50/RE15 e BE50/RE10, demonstrando que estes dois grupos foram mais eficientes em manter a temperatura próxima ao limite máximo para espécie com menor utilização da termólise evaporativa pulmonar.

A manipulação do equilíbrio eletrolítico resultou em efeito quadrático significativo do BE

e RE sobre a TO (Tabela 2). Na avaliação do gráfico de superfície de resposta (Figura 3) e de contorno identificou-se ponto de máxima no tratamento BE igual a 50 e RE entre 10 e 15. Adicionalmente, os gráficos demonstram que a TO cai gradativamente à medida que se distancia do ponto de máxima em direção ao tratamento BE igual a 100 e RE igual a zero.

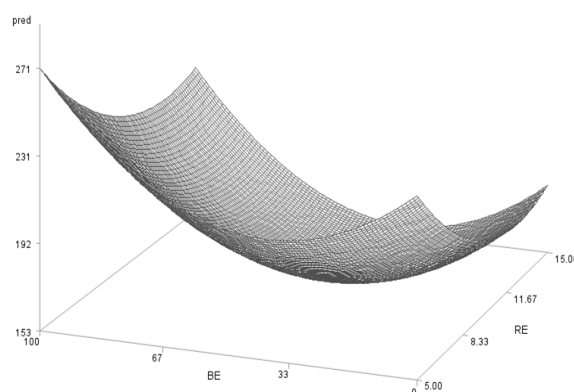


Figura 1. Gráfico de superfície de resposta da variável fisiológica frequência respiratória (eixo Y) em função do balanço eletrolítico (BE) e relação eletrolítica (RE) durante o período de estresse calórico.

A TA foi influenciada significativamente pelo efeito quadrático do BE (Tabela 2), o gráfico de superfície de resposta e de contorno demonstraram que as maiores TA foram observadas em BE igual a 50 e a RE próximo a 15, e que a TA cai à medida que RE se distancia de 15 em direção a zero e quando o BE se desloca de 50 para zero e 100.

O aumento da temperatura superficial (TO e TA) junto à da temperatura ambiental também foram descritos por outros autores (Eustáquio Filho et al., 2011; Mendes et al., 2013; Roberto et al., 2014). Estes aumentos estão relacionados aos processos fisiológicos de direcionamento do fluxo sanguíneo central para a superfície corporal e, conseqüentemente, elevação da taxa de fluxo de calor, resultando em elevação da temperatura superficial, facilitando a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos e sudorese (Souza et al., 2005; Ribeiro et al., 2008; Eustáquio Filho et al., 2011).

Os grupos BE50/RE15 e BE50/RE10 que apresentaram as maiores TO e TA também apresentaram as maiores FC durante o período de estresse calórico, esse fato confirma que os dois grupos utilizaram mais intensamente a vasodilatação periférica que os demais grupos para dissipar calor durante o período de estresse calórico (Figura 2, Figura 3 e Tabela 3) (Eustáquio Filho et al., 2011; Mendes et al., 2013).

A TR não foi influenciada significativamente pelo efeito do BE e RE. Os valores para a TR nos períodos fora do estresse calórico foram em média de 39,4°C, enquanto para o período sob estresse calórico foi de 40°C. Todos os cordeiros deste experimento apresentaram temperatura retal dentro dos valores considerados normais para a categoria durante o período de estresse calórico (Pugh e Nagy, 2012). A manutenção da TR dentro dos limites fisiológicos pode ser explicada pela eficiência dos grupos em dissipar calor pela termólise evaporativa pulmonar beneficiada pela baixa umidade relativa do ar durante o período de estresse. E não seria a adaptação dessas raças à região (Mendes et al., 2013).

A MR não diferiu significativamente quanto à variação do balanço e relação eletrolíticos, mas foi influenciada pelo período com efeito quadrático (Tabela 2). A MR acompanhou uma variação fisiológica (entre um e dois movimentos por minuto) ao longo dos períodos antes e sob estresse calórico, sendo que a MR foi maior durante o período de estresse, seguidos de uma redução abaixo dos níveis fisiológicos no período após o estresse calórico em alguns animais (Pugh e Nagy, 2012).

O aumento da MR durante o período de estresse calórico, embora inesperado, também foi descrito por Cezar et al. (2004). Possivelmente o

aumento da MR está relacionado a um maior volume de água ingerido no período de estresse calórico (Kandemir et al., 2013) como medida compensatória à desidratação causada pela termólise evaporativa pulmonar (Brasil et al., 2000), elevando a pressão passiva ruminal estimulando o centro gástrico e influenciando de forma positiva a MR (Garry, 1990).

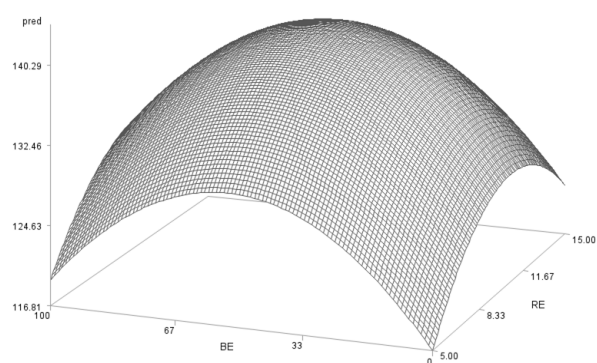


Figura 2. Gráfico de superfície de resposta da variável fisiológica frequência cardíaca (eixo Y) em função do balanço eletrolítico (BE) e relação eletrolítica (RE) durante o período de estresse calórico.

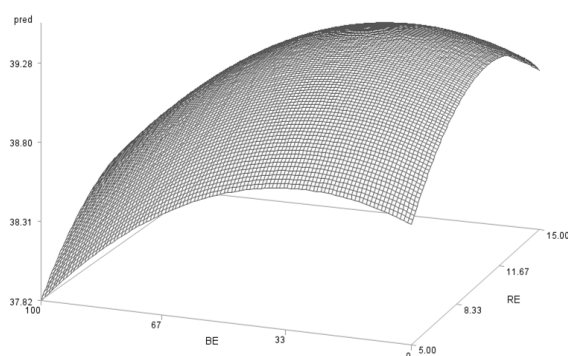


Figura 3. Gráfico de superfície de resposta da variável fisiológica temperatura ocular (eixo Y) em função do balanço eletrolítico (BE) e relação eletrolítica (RE) durante o período de estresse calórico.

A redução da MR, no período pós estresse calórico, foi reflexo da redução do consumo de alimento nos dias do estresse (Brasil et al., 2000) e no dia seguinte ao mesmo, acarretando menor quantidade de substrato presente no rúmen e influenciando de forma negativa a motilidade (Garry, 1990). A redução no consumo durante o período de estresse calórico, embora não analisado estatisticamente, pode ser notada pelas

sobras das rações nos cochos nos horários de arraçoamento de todos os grupos.

O efeito do aumento da temperatura sobre as variáveis fisiológicas foi evidente, causando aumento significativo (efeito linear e quadrático) em todas elas durante o período de estresse calórico se comparado com os períodos sem estresse calórico (Tabela 2). A elevação da temperatura ambiental acima de 35°C fez com que os animais saíssem da zona de termoneutralidade para a temperatura crítica superior, resultando em estresse pelo calor (Baeta e Souza, 1997).

Apesar de não ter sido realizada a correlação entre as variáveis fisiológicas e temperatura ambiental, a análise estatística conduzida pelo RSREG do sistema SAS® possibilitou demonstrar, através do efeito linear ($P < 0,048$) e quadrático ($P < 0,037$) da variável período, que as variáveis fisiológicas acompanharam de forma significativa a elevação da temperatura ambiental (Tabela 3) (Kruri e Mukhopadhyay, 2010). O aumento dos parâmetros fisiológicos FC, FR, TR, TO, TA e MR durante o período de estresse calórico também são descritos por outros autores, que atribuem essas alterações aos mecanismos de homeotermia quando esses animais são submetidos a elevadas temperaturas ambientais (Starling et al., 2002; Cezar et al., 2004; Marai et al., 2007; Marai et al., 2008; McManus et al., 2009).

Apesar de não testadas outras combinações de BE e RE, essas combinações puderam ser exploradas através do gráfico de superfície de resposta e gráfico de contorno gerados pela estatística conduzida pelo RSREG do sistema SAS®, permitindo avaliar BE que variaram de zero a cem e RE que variaram de zero a quinze, identificando respostas de todas estas combinações (Rodrigues e Lema, 2014).

Ainda, ao analisar o comportamento do gráfico de contorno e superfície de resposta das variáveis estudadas gerados pela análise estatística, verificou-se que as respostas dos animais aos tratamentos foram praticamente as mesmas nos três períodos experimentais, diferindo apenas pelos valores, possivelmente isso tenha ocorrido devido à ação do BE e RE antes mesmo do estresse calórico ocorrer.

A forma que o BE e RE interferiram nas variáveis não foi elucidada, no entanto os resultados apontaram que a sua utilização foi

capaz de modificar as respostas fisiológicas desses ovinos ao estresse por calor.

Conclusão

Baseado nos resultados deste modelo experimental, conclui-se que a manipulação do equilíbrio eletrolítico das dietas, com base em modificações no balanço eletrolítico e relação eletrolítica, foi capaz de interferir na resposta das variáveis fisiológicas de cordeiros lanados submetidos ao estresse pelo calor.

Conflito de Interesse

Os autores declaram não existir conflito de interesse.

Comitê de Ética

Este estudo foi realizado de acordo com os princípios do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) - FOA - protocolo nº 1627-2012.

Agradecimentos

À pós-graduação, discentes e docentes da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- Al-Tamimi, H.J. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. **Small Ruminant Research**, 71(1): 280-285, 2006.
- Baeta, F.C.; Souza, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.
- Block, E.; Takagi, H. Effects of reducing dietary cation-anion balance on calcium kinetics in sheep. **Journal of Dairy Science**, 74(12): 4225-4237, 1991.
- Brasil, L.H.A.; Wechesler, F.S.; Baccari Júnior, F.; Gonçalves, H.C.; Bonassi, I.A. Efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina. **Revista Brasileira Zootecnia**, 29(6): 1632-1641, 2000.
- Cezar, M.F.; Souza, W.H.; Pimenta Filho, E.C. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, 28(3): 614-620, 2004.
- Del Claro, G.R.; Zanett, M.A.; Correa, L.B.; Netto, A.S.; Paiva, F.A.; Salles, M.S.V.

- Balanço cátion-aniônico da dieta no metabolismo de cálcio em ovinos. **Ciência Rural**, 36(1): 222-228, 2006.
- Eustáquio Filho, A.; Teodoro, S.M.; Chaves, M.A. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(8): 1807-1814, 2011.
- Garry, F.B. Managing for stomach problems caused by motor disease. **Veterinary Medicine**. 85(1): 651-659, 1990.
- Gomide, C.A.; Zanetti, M.A.; Penteadó, M.V.C.; Carreer, C.R.O.; Del Claro, G.R.; Netto, A.S. Influência da diferença cátion-aniônica da dieta sobre o balanço de cálcio, fósforo e magnésio em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 56(3): 363-369, 2014.
- Hulme, P.E. Adapting to climate change: is the rescope for ecological management in the face of a global threat? **Journal of Applied Ecology**, 42(5): 784-794, 2005.
- Kandemir, Ç.; Kosum, N.; Taskin, T. Effects of heat stress on physiological traits in sheep. **Macedonian Journal of Animal Science**, 3(1): 25-29, 2013.
- Khuri, A.I.; Mukhopadhyay, S. Reponse surface methodology. **WIREs Computational Statistics**, 2(2): 128-149, 2010.
- Lima, C.B.; Costa, T.G.P.; Nascimento, T.L.; Lima Júnior, D.M.; Silva, M.J.; Mariz, T.M.A. Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de ovinos em pastejo no semiárido. **Journal Animal Behavior Biometeorol**, 2(1): 26-34, 2014.
- Marai, I.F.M.; El-Darawany, A.A.; Fadiel, A.; Abdel-Hafez, M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-a review. **Small Ruminant Research**, 71(1): 1-12, 2007.
- Marai, L.F.M.; El-Darawany, A.A.; Fadiel, A.; Abdel-Hafez, M.A.M. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, 8(1): 209-234, 2008.
- Marins, J.C.B. Exercício físico e calor – implicações fisiológicas e procedimentos de hidratação. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 1(1): 26-38, 1996.
- McManus, C.; Paludo, G.R.; Louvandini, H. Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, 41(1): 95-101, 2009.
- McManus, C.; Bianchini, E.; Paim, T.B.; Lima, F.G.; Braccini Neto, J.; Castanheira, M.; Esteves, G.I.V.; Cardoso, C.C.; Dalcin, V.C. Infrared thermography to evaluate heat tolerance in different genetic groups of lambs. **Sensors**, 15(1): 17258-17273, 2015.
- Mendes, LCN.; Matsukuma, B.H.; Oliveira, G.; Peres, C.T., Gerardi, B.; Feitosa, F.L.F.; Perri, S.H.V.; Peiró, J.R. Efeito da tosquia na temperatura corpórea e outros parâmetros clínicos em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 33(6): 817-825, 2013.
- Mongin, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, 40(1): 284-294, 1981.
- NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of sheep**. Washington: Washington Press, 1985. 401p.
- Pugh, D.G.; Nagy, D.N. **Sheep and goat medicine**. 2nd ed. Merheights Missouri: Elsevier, 2012. 640p.
- Ribeiro, N.L.; Furtado, D.A.; Medeiros, A.N. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Revista de Engenharia Agrícola**, 38(4): 614-623, 2008.
- Roberto, J.V.B.; Souza, B.B.; Furtado, D.A.; Delfino, L.J.B.; Marques, B.A.A. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, 2(1): 11-19, 2014.
- Rodrigues, M.I.; Lema, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 3^a ed. Campinas: Editora Casa do Pão, 2014. 358p.
- Sant'Anna Neto, J.L. Decálogo da Climatologia do Sudeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, 1(1): 43-60, 2005.
- SAS. **SAS Software. Version 9.1**. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.
- Starling, J.M.C.; Silva, G.M.; Cerón-Muñoz, M. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(5): 2070-2077, 2002.
- Silanikove, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science Internet**, 67(1): 1-18, 2002.

Silva, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

Souza, E.D.; Souza, B.B.; Souza, W.H.; Cezar, M.F.; Santos, J.R.S.; Tavares, G.P.T. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**, 29(1): 177-184, 2005.