



GABRIEL MIRANDA MOREIRA

**PRIMEIRO ESTUDO DO USO DE
TERMOGRAFIA ESCROTAL EM TOUROS
GIROLANDO E SUA RELAÇÃO COM A
CLASSIFICAÇÃO ANDROLÓGICA POR
PONTOS**

LAVRAS - MG

2016

GABRIEL MIRANDA MOREIRA

**PRIMEIRO ESTUDO DO USO DE TERMOGRAFIA ESCROTAL EM
TOUROS GIROLANDO E SUA RELAÇÃO COM A CLASSIFICAÇÃO
ANDROLÓGICA POR PONTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do Título de Mestre.

PhD. José Camisão de Souza
Orientador

**LAVRAS - MG
2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Moreira, Gabriel Miranda.

Primeiro estudo do uso de termografia escrotal em touros girolando e sua relação com a classificação andrológica por pontos / Gabriel Miranda Moreira. – Lavras: UFLA, 2016.

58 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): José Camisão de Souza.

Bibliografia.

1. Circunferência escrotal. 2. Espermograma. 3. Potencial reprodutivo. 4. Termorregulação testicular. Touros mestiços. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

GABRIEL MIRANDA MOREIRA

**PRIMEIRO ESTUDO DO USO DE TERMOGRAFIA ESCROTAL EM
TOUROS GIROLANDO E SUA RELAÇÃO COM A CLASSIFICAÇÃO
ANDROLÓGICA POR PONTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do Título de Mestre.

APROVADA em 08 de abril de 2016.

Dr. José Nélio de Souza Sales UFLA

Dr. Marcos Brandão Dias Ferreira EPAMIG

PhD. José Camisão de Souza

Orientador

LAVRAS - MG

2016

A Carlos José meu pai e Josiane, minha mãe, que não mediram esforços para que eu concluísse mais esta etapa de minha vida. A Isabel, minha avó, pelo cuidado e carinho. A Carlão Emboava, meu avô (in memoriam) pelos exemplos de humildade e honestidade. A meu irmão Gustavo pelo companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder a oportunidade de presenciar suas maravilhosas criações.

Aos meus pais, Carlos José e Josiane, pelo apoio e incentivo que me fizeram alcançar mais um objetivo. Meu amor por vocês é imensurável. Espero um dia conseguir retribuir tudo o que vocês já fizeram por mim.

À minha amada avó Izabel, pelo cuidado, carinho e, principalmente, pelas orações em que pede a proteção Divina para enfrentarmos os obstáculos da vida.

Ao meu irmão Gustavo, pelo companheirismo e amizade.

Ao professor PhD. José Camisão de Souza, pela orientação, amizade e, principalmente, pela paciência e boa vontade na transmissão de seus conhecimentos. Fui muito privilegiado em poder trabalhar ao seu lado ao longo dos últimos sete anos.

Aos meus colegas da pós-graduação, pela troca de experiências, em especial à minha afilhada e grande amiga Renata, pela sua imensa disposição em ajudar. Faltam palavras para te agradecer.

Ao Grupo de Estudo em Reprodução (GERE) por todo o conhecimento que me agregou durante toda minha vida acadêmica.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade de participar do Programa de Pós-graduação e pela estrutura cedida para a realização desta.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.

À Associação Brasileira dos Criadores de Girolando (GIROLANDO) por disponibilizar os dados para produção desta dissertação. À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em especial ao Dr. Marcos

Brandão Dias Ferreira, e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela condução do experimento.

“Acredite que você pode, assim você já está no
meio do caminho.”

Theodore Roosevelt

RESUMO GERAL

A classificação andrológica por pontos (CAP) é um método que permite selecionar touros com maior potencial reprodutivo. O desempenho dos reprodutores avaliados pela CAP, pode ser influenciado pelas temperaturas da superfície escrotal que está relacionada a temperatura ambiental. Objetivou-se então verificar a relação entre as temperaturas termográficas da superfície do escroto e a CAP em touros Girolando. A circunferência escrotal (CE), volume testicular (VOLTEST), comprimento do cordão espermático (CCE), textura da pele do escroto (TPE) e motilidade, vigor, turbilhonamento, defeitos maiores (DMA), defeitos menores (DME) e defeitos totais (DTO) do sêmen foram avaliados em 68 touros Girolando. Foram estabelecidas três classes, de acordo com o desempenho na CAP: insatisfatório (0-29), questionável (30-59) e satisfatório (60-100). Foram avaliadas as temperaturas termográficas da superfície escrotal e da região ocular. Foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU), no momento da captura das fotos. A CE e o VOLTEST foram maiores ($P < 0,01$) em touros de desempenho satisfatório e questionável. DMA e DTO foram menores ($P < 0,01$) em touros de desempenho satisfatório. Idade, peso, CCE, TPE, parâmetros físicos do sêmen, DME e temperaturas termográficas da superfície do escroto não diferiram ($P > 0,05$) entre as classes de desempenho na CAP. O ITU foi positivamente correlacionado ($P < 0,01$) com as temperaturas termográficas do escroto e da região ocular. As temperaturas termográficas da superfície do escroto não foram limitantes para o desempenho dos touros na CAP.

Palavras-chave: Circunferência escrotal. Espermograma. Potencial reprodutivo. Termorregulação testicular. Touros mestiços.

GENERAL ABSTRACT

Breeding soundness evaluation (BSE) is a method that allows the selection of bulls with greater reproductive potential. The performance of bulls evaluated by BSE system may be influenced by the scrotum surface temperature, which is related to the environmental temperature. The objective was to verify the relationship to the scrotal surface thermographic temperatures and the BSE in Girolando bulls. Scrotal circumference (SC), testicular volume (TESTVOL), spermatic chord length (SCL), scrotum skin texture (SST), motility, vigor, mass motion, major defects (MAD), minor defects (MID), and total defects (TOD) were evaluated in sixty eight Girolando bulls. Three classes were established according to the BSE score: unsatisfactory (0-29), questionable (30-59) and satisfactory (60-100). The scrotal surface and the ocular region thermographic temperatures were evaluated. A temperature and humidity index (THI) was calculated when photographs were taken. The SC and TESTVOL of satisfactory and questionable bulls were greater ($P < 0.01$). Age, weight, SCL, SST, seminal physical parameters, MID and scrotum surface thermographic temperatures were similar ($P > 0.05$) between BSE classes. The THI was positively correlated ($P < 0.01$) to the scrotum and ocular region thermographic temperatures. The thermographic temperatures of the scrotum surface were not limiting to the BSE performance of bulls.

Keywords: Scrotal circumference. Spermogram. Reproductive potential. Testicular thermoregulation. Crossbred bulls.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

- Figura 1. Regressão linear entre o índice de temperatura e umidade e a temperatura termográfica máxima na rafe escrotal de touros Girolando. $P < 0,0001$ 52

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Classificação andrológica por pontos para touros taurinos baseada na circunferência escrotal e características físicas e morfológicas do sêmen	22
----------	--	----

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

Tabela 1.	Idade, peso, parâmetros escrotais e seminais de acordo com o desempenho na classificação andrológica por pontos de touros Girolando ¹	48
Tabela 2.	Coefficientes de correlações de Pearson entre parâmetros de qualidade seminal e classificação andrológica por pontos em touros Girolando	49
Tabela 3.	Temperaturas termográficas do escroto e da região ocular de acordo com o desempenho na classificação andrológica por pontos de touros Girolando ¹	51
Tabela 4.	Coefficientes de correlações de Pearson entre temperaturas termográficas do escroto e da região ocular e índice de temperatura e umidade em touros Girolando	52

ANEXOS

Tabela 1	Classificação andrológica por pontos para touros zebuínos, baseada na circunferência escrotal e características físicas e morfológicas do sêmen.	57
Tabela 2	Classificação andrológica por pontos para touros zebuínos, baseada na circunferência escrotal e características físicas e morfológicas do sêmen.	58

LISTA DE ABREVIATURAS

ap.	Apartamento
<i>B.</i>	<i>Bos</i>
cv.	Cultivar
Dr.	Doutor
Fig.	Figura
mar.	Março
n.	Número
p.	Página
PhD.	Philosophiæ Doctor
Tab.	Tabela
v.	Volume
vs.	Versus

LISTA DE SIGLAS

BSE	Breeding Soundness Evaluation
C	Comprimento médio dos testículos
CAP	Classificação andrológica por pontos
CBRA	Colégio Brasileiro de Reprodução Animal
CCE	Comprimento do cordão espermático
CE	Circunferência escrotal
DMA	Defeitos maiores
DME	Defeitos menores
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DTO	Defeitos totais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
GIROLANDO	Associação Brasileira dos Criadores de Girolando
GRAD	Gradiente de temperatura no escroto
HIF	Hypoxia-inducible factor
IFTM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro
ITU	Índice de temperatura e umidade
L	Largura média dos testículos
L1MÁX	Temperatura máxima na rafe escrotal
L1MÉD	Temperatura média na rafe escrotal
L1MÍN	Temperatura mínima na rafe escrotal
L2MÉD	Temperatura média no polo proximal do escroto
L3MÉD	Temperatura média no maior diâmetro do escroto
L4MÉD	Temperatura média na cabeça do epidídimo
L5MÉD	Temperatura média na cauda do epidídimo
MAD	Major defects
MG	Minas Gerais
MID	Minor defects
MOT	Motilidade
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SAS	Statistical Analysis System
SC	Scrotal circumference
SCL	Spermatic chord length
SNK	Student-Newman-Keuls
SST	Scrotum skin texture
T	Temperatura
TESTVOL	Testicular volume
THI	Temperature and humidity index
TI	Termografia infravermelho

TOCLAR	Temperatura em torno da região ocular
TOD	Total defects
TPE	Textura da pele do escroto
TURB	Turbilhonamento
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UR	Umidade relativa
VIG	Vigor
VOLTEST	Volume testicular

LISTA DE SÍMBOLOS

P	Probabilidade
<	Menor
>	Maior
°C	Grau Celsius
%	Por cento
cm	Centímetro
r	Coefficiente de correlação de Pearson
=	Igual
-	Menos
cm ³	Centímetros cúbicos
mL	Mililitro
+	Mais
±	Mais ou menos
Kg	Quilograma
m ²	Metros quadrados
m	Metros
®	Marca registrada
n	Número
R ²	Coefficiente de determinação

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	17
1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Avaliação andrológica do touro	19
2.2	Classificação andrológica por pontos	21
2.3	Termorregulação testicular	23
2.4	Efeitos da elevação da temperatura testicular	26
2.5	Termografia infravermelha do escroto	28
3	CONCLUSÕES	30
	REFERÊNCIAS	31
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	39
	ARTIGO 1 Primeiro estudo do uso de termografia escrotal em touros Girolando e sua relação com a classificação andrológica por pontos	39

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de dois terços de seu território situados na faixa tropical do planeta, onde predominam elevadas temperaturas do ar devido à intensa radiação solar incidente. Durante grande parte do ano, a temperatura média do ar situa-se acima dos 20°C e a temperatura máxima média atinge valores entre 35°C e 38°C (TITTO, 1998).

Altas temperaturas do ambiente podem causar a elevação da temperatura testicular e prejudicar o ciclo espermatogênico e a qualidade do sêmen. Para que a espermatogênese ocorra normalmente, a temperatura nos testículos dos touros deve ser inferior à sua temperatura corporal. Isso é possível, graças aos diversos mecanismos de termorregulação presentes nos testículos e escroto. Assim, altas temperaturas em um dia, acima dos limites da termorregulação, podem levar a redução da fertilidade.

Com o objetivo de trabalhar com animais de alta resistência e produtividade, os pecuaristas brasileiros têm optado pela criação do Girolando. Os animais Girolando conjugam a rusticidade do Gir e a produção do Holandês, adicionando características desejáveis das duas raças em um único animal, com qualidades imprescindíveis para produção leiteira nos trópicos. Aproximadamente 80% do rebanho bovino brasileiro são constituídos por animais de origem indiana e seus mestiços. Ademais, a produção de leite nacional, em sua maioria, é proveniente de animais Puro Sintético (PS) da raça Girolando (bimestiço 5/8 Holandês + 3/8 Gir) ou das diversas composições genéticas entre as raças Gir e Holandês (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GIROLANDO – GIROLANDO, 2016).

Na produção animal, a fertilidade do touro é ponto chave para alcançar os índices produtivos preconizados. Em nosso país, estima-se que cerca de 90% das fêmeas em idade reprodutiva são acasaladas pelo sistema de monta natural (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL – ASBIA, 2016). Assim, a avaliação do potencial reprodutivo dos touros torna-se essencial. Nesse sentido, a classificação andrológica por pontos (CAP) surge como ferramenta que permite classificar os reprodutores, quanto ao seu potencial reprodutivo.

Além da CAP, outras opções têm sido exploradas para auxiliar a seleção de reprodutores. A termografia infravermelha (TI) é uma técnica não invasiva e de alta acurácia, que vem sendo amplamente utilizada para a mensuração da temperatura na superfície escrotal. A TI mostra-se como uma alternativa promissora para avaliar a capacidade de termorregulação testicular dos touros criados em ambiente tropical. Diante disso, o objetivo deste estudo foi verificar a relação entre as temperaturas termográficas da superfície do escroto e a CAP em touros Girolando.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avaliação andrológica do touro

Na produção animal, a fertilidade dos touros é um ponto importante (SILVA et al., 2002). No Brasil, a monta natural ainda é o método de acasalamento mais utilizado, no entanto, a porcentagem de touros que passam por avaliação andrológica é muito baixa (MENEGASSI et al., 2014). Assim, a avaliação do potencial reprodutivo dos touros é essencial, visto que, reflete a proporção de vacas que esse animal consegue fertilizar, sem prejudicar a eficiência reprodutiva do rebanho (SANTOS et al., 2004).

Kastelic e Thundathil (2008) ressaltam que nenhuma medida ou critério isolado prediz de forma confiável a fertilidade e, portanto, vários critérios devem ser avaliados. A identificação de touros superiores, ou seja, com alto potencial reprodutivo é possível, realizando os procedimentos do exame andrológico e do teste de libido (FONSECA, 2009). Basicamente, a avaliação andrológica de um reprodutor consiste em: exame clínico geral, exame do sistema genital interno e externo, mensuração da circunferência escrotal, avaliação dos aspectos físicos e morfológicos do sêmen e avaliação do comportamento sexual (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL - CBRA, 1998; FONSECA, 2000).

De acordo com o CBRA (1998), a avaliação do sêmen pode ser dividida em características físicas e morfológicas. As características físicas do ejaculado são: volume, aspecto, turbilhonamento (movimento de massa), motilidade, vigor e concentração espermática. As características morfológicas dos espermatozoides podem ser classificadas em anormalidades de cabeça e de cauda (CBRA, 1998), ou podem ser agrupadas em defeitos maiores, defeitos menores e defeitos totais (BLOM, 1973). Segundo Arruda et al. (2015), a

classificação em defeitos maiores e menores é a mais empregada, sendo os defeitos maiores mais relacionados com infertilidade e doenças testiculares ou epididimárias, enquanto que os defeitos menores são referentes à anomalias de menor impacto na fertilidade. Os parâmetros físicos do sêmen (motilidade, vigor e turbilhonamento) são prejudicados quando a proporção de defeitos espermáticos é aumentada (FONSECA, 2009).

A mensuração da circunferência escrotal (CE) é um dos principais componentes da avaliação andrológica (McGOWAN et al., 2002). A CE está altamente correlacionada com o peso dos testículos, que é correlacionado com a produção diária de espermatozoides (BARTH, 2007). A CE é uma medida de alta repetibilidade (PACHECO, 2005) e herdabilidade (CORBET et al., 2013). A maior CE está fenotipicamente e geneticamente correlacionada com características reprodutivas, tanto de machos quanto de fêmeas, incluindo maiores porcentagens de espermatozoides móveis e morfologicamente normais (CORBET et al., 2013) bem como com a menor idade à puberdade das filhas (PEREIRA; ELER; FERRAZ, 2000). A CE também pode ser utilizada como indicador da puberdade em touros (FRENEAU et al., 2006). A mensuração da CE é realizada, pressionando os testículos para a parte inferior do escroto e utilizando uma fita métrica flexível, aplicando tensão moderada, na maior circunferência do escroto (KASTELIC; THUNDATHIL, 2008).

A maior parte dos estudos publicados até o momento sugere a idade como referência, para avaliar normalidade da CE do touro. No entanto, os resultados obtidos por Fordyce et al. (2014) deixam claro que o ponto de referência, deve ser o peso vivo. A razão para esta diferença é basicamente uma ampla gama de experiências nutricionais (disponibilidade ou escassez de alimento), que são submetidos os touros jovens, e, que causam acentuada variação no crescimento.

2.2 Classificação andrológica por pontos

A classificação andrológica por pontos (CAP) é uma ferramenta de avaliação reprodutiva de touros análoga à metodologia conhecida como *Breeding Soundness Evaluation* (BSE), proposta por Chenoweth e Ball (1980) para touros *Bos taurus taurus*. O BSE é um sistema que avalia e pontua os touros, segundo a CE, de acordo com a idade e os aspectos físicos e morfológicos do sêmen, permitindo classificá-los quanto ao seu potencial reprodutivo. A pontuação do animal varia de 0 a 100, sendo que, para CE, motilidade e morfologia espermática são atribuídas no máximo 40, 20 e 40 pontos, respectivamente (Tabela 1). Por este método, os touros podem ser agrupados em três classes de desempenho: satisfatório (de 60 a 100 pontos), questionável (de 30 a 59 pontos) e insatisfatório (menor que 30 pontos).

No Brasil, a CAP foi proposta inicialmente por Vale Filho (1988), para avaliação de touros zebuínos. Vale Filho (1988) sugere que para touros *B. taurus indicus* criados no Brasil, deve-se usar o dobro da idade à mesma categoria de CE proposta para touros *B. taurus taurus*. Essa diferença está relacionada, principalmente ao nível nutricional, sendo que, zebuínos somente atingiriam a mesma CE com uma idade superior. Reprodutores que participam de exposições e julgamentos, por receberem dieta nutricionalmente mais rica, atingem pesos elevados rapidamente, influenciando o maior desenvolvimento testicular, sendo assim, a CAP não é indicada para esses animais (FONSECA, 2000).

Tabela 1 Classificação andrológica por pontos para touros taurinos baseada na circunferência escrotal e características físicas e morfológicas do sêmen

Parâmetros	Classificação			
	Excelente	Bom	Regular	Fraco
Motilidade espermática				
<i>Vigor (1 - 5)</i>	5	4 - 5	4	0 - 3
<i>Individual (%)</i>	> 70	60 - 70	50 - 60	< 50
Total de pontos	20	12	10	3
Morfologia espermática				
<i>Defeitos maiores (%)</i>	< 10	10 - 19	20 - 29	> 29
<i>Total de defeitos (%)</i>	< 25	26 - 39	40 - 59	> 59
Total de pontos	40	25	10	3
Circunferência escrotal (cm)				
Idade (meses)				
<i>12 -14</i>	> 34	30 - 32	30	< 30
<i>15 -20</i>	> 36	31 - 36	31	< 31
<i>21 -30</i>	> 38	32 - 38	32	< 32
<i>> 30</i>	> 39	34 - 39	34	< 34
Total de pontos	40	24	10	10

Fonte: Adaptada de Chenoweth e Ball (1980)

Com o objetivo de melhor predizer o potencial reprodutivo de touros zebuínos, Fonseca et al. (1989) propuseram uma tabela de simples aplicação para avaliação andrológica desses animais (Tabela 1, ANEXO A). Essa tabela é similar à proposta por Chenoweth e Ball (1980) e Vale Filho (1988), porém com diferentes valores de CE em diferentes classes de idade.

Tendo em vista o grande número de dados acumulados entre 1989 e 1997 e a intensa pressão de seleção sobre os touros zebuínos, Fonseca, Santos e Malinski (1997) propuseram modificações para a tabela de avaliação andrológica proposta por Fonseca et al. (1989), com a finalidade de aperfeiçoá-la. Nessa nova tabela são propostas modificações nos pesos da motilidade e da morfologia espermática sobre a pontuação final, atribuindo, no máximo, 25 e 35

pontos, respectivamente. Também foram alteradas as medidas da CE de acordo com a faixa etária do animal (Tabela 2, ANEXO A).

Atualmente, o CBRA (1998) preconiza a utilização da tabela de pontuação, desenvolvida por Fonseca, Santos e Malinski (1997) para classificação de touros zebuínos, e, para touros taurinos recomenda-se a tabela proposta por Chenoweth e Ball (1980). Para classificação de reprodutores mestiços F1, provenientes do cruzamento entre *B. taurus taurus* e *B. taurus indicus*, Guimarães (1997) recomenda a metodologia utilizada para animais taurinos.

2.3 Termorregulação testicular

Na literatura está muito bem estabelecido que os testículos de um touro, devem estar a uma temperatura entre 2 e 6°C mais baixa do que a temperatura corporal para que seja possível a produção de espermatozoides com alta capacidade fertilizante (KASTELIC, 2014a). O aumento da temperatura testicular, independentemente da causa, reduz a qualidade do sêmen (GABALDI; WOLF, 2002).

A termorregulação testicular é um processo extremamente complexo, em que numerosos mecanismos locais, desempenham importante papel (GABALDI; WOLF, 2002). Os principais componentes anatômicos do escroto dos touros, envolvidos na regulação da temperatura testicular são: a pele, o cordão espermático, a túnica dartos, o músculo cremaster, o cone vascular e as glândulas sudoríparas (KASTELIC, 2014a).

A pele do escroto é fina, relativamente sem pelos e com extensa vascularização subcutânea, facilitando a dissipação de calor por radiação (DAHL; HERRICK, 1959). Siddiqui et al. (2008) mensuraram a espessura da pele do escroto de 131 touros mestiços e verificaram que o aumento da

espessura da pele, acarretou em redução da proporção de espermatozoides com cabeça normal ($r = -0,27$; $P < 0,05$).

O comprimento do cordão espermático é importante para a termorregulação testicular, sendo que, o maior comprimento permite reduzir a temperatura testicular, por aumentar a área para radiação e propiciar o distanciamento dos testículos em relação ao corpo (KASTELIC, 2014a). Brito et al. (2004) verificaram que a pendulosidade dos testículos aumentou com a idade, sendo que, touros com mais de 60 meses de idade tem o escroto mais penduloso. Também, foi observado que touros *B. taurus indicus* possuem escroto menos penduloso que *B. taurus taurus* e mestiços, devido a tendência de ter menor comprimento do cordão espermático.

A túnica dartos e o músculo cremaster são estruturas musculares, cujas ações são comandadas por nervos simpáticos lombares, ou seja, a movimentação é involuntária. A túnica dartos é uma fina camada de tecido muscular liso, localizada abaixo da derme, onde pode relaxar ou contrair, afastando ou aproximando os testículos do corpo, em resposta a altas ou baixas temperaturas do meio ambiente, respectivamente (SETCHELL, 1978). O músculo cremaster também possui a capacidade de contrair, aproximando os testículos do corpo, em condições de baixas temperaturas (SETCHELL, 1978).

O cone vascular testicular está localizado acima dos testículos e é composto pela artéria testicular, rodeada pelas veias do plexo pampiniforme (COOK; COULTER; KASTELIC, 1994). O cone vascular desempenha importante papel na redução da temperatura escrotal/testicular, agindo como sistema de troca de calor em contracorrente (BRITO et al., 2012). A eficiência desse mecanismo é determinada pelo comprimento e volume da artéria, a área da superfície da artéria em contato com as veias e a distância entre o sangue arterial e venoso (SEALFON; ZORGNIOTTI, 1991).

Brito et al. (2012) caracterizaram o desenvolvimento do cone vascular, utilizando a ultrassonografia e determinaram a associação da morfologia do cone vascular com a temperatura escrotal, qualidade do sêmen e produção espermática. Foram examinados 70 touros de raças taurinas de corte, com idade de 10 a 70 semanas em dois anos e 44 touros com 74 semanas de idade analisados no terceiro ano. O diâmetro do cone vascular aumentou até aproximadamente 13,5 meses de idade, seguindo o desenvolvimento da CE. A espessura de gordura no cone vascular também aumentou com a idade, seguindo padrão similar ao acúmulo de gordura subcutânea, avaliada sobre o músculo *Longissimus dorsi*. A espessura da parede da artéria e a distância entre o sangue arterial e venoso diminuíram com a aproximação ao testículo. Foram verificadas correlações negativas do diâmetro do cone vascular com a temperatura na superfície escrotal e com a porcentagem de espermatozoides com defeitos na cabeça e espermatozoides com cabeça isolada. A distância entre o sangue arterial e venoso foi negativamente correlacionada com a porcentagem de espermatozoides normais.

A qualidade seminal tem mais pronunciada redução em touros *B. taurus taurus* e mestiços, comparados a *B. taurus indicus* quando expostos a altas temperaturas ambientais (JOHNSTON; NAELAPAA; FRYE, 1963). Em um experimento (BRITO et al., 2004) realizado com 20 *B. taurus indicus*, 28 mestiços e 26 *B. taurus taurus*, foram estudados os mecanismos de termorregulação testicular. A relação entre o comprimento e o volume da artéria testicular com o volume testicular foi maior ($P < 0,05$) em animais *B. taurus indicus* e mestiços, quando comparada a *B. taurus taurus* (1,03 e 0,94 cm/cm^3 vs. 0,48 cm/cm^3 ; 0,034 e 0,047 mL/cm^3 vs. 0,017 mL/cm^3 , respectivamente). A espessura da parede e a distância entre o sangue arterial e venoso foram menores em animais zebuínos, intermediárias em mestiços e maiores em taurinos ($P < 0,05$). Os autores concluíram que a morfologia do cone vascular testicular

pode contribuir para a maior resistência de *B. taurus indicus* a elevadas temperaturas ambientais por conferir maior suprimento de sangue aos testículos e facilitar a transferência de calor entre artéria e veias testiculares.

As glândulas sudoríparas têm papel importante no processo de termorregulação testicular (ROBERTSHAW; VERCOE, 1980). Em touros, a densidade de glândulas sudoríparas é maior na pele do escroto, quando comparada a outras regiões do corpo, propiciando alta capacidade de dissipação de calor latente por sudorese (BLAZQUEZ; MALLARD; WEDD, 1988).

2.4 Efeitos da elevação da temperatura testicular

Para que a espermatogênese ocorra normalmente, a temperatura nos testículos dos touros deve estar no intervalo de 33°C a 34,5°C (BARTH; BOWMAN, 1994) e a temperatura ambiente deve permanecer entre 27°C e 32°C (SKINNER; LOUW, 1966).

Os primeiros relatos científicos publicados sobre o efeito da temperatura ambiente sobre a fisiologia reprodutiva de touros datam do final da década de 1930 e meados da década de 1940 (GARCIA, 2004). Em regiões quentes, o aumento da temperatura em um dia, pode levar a redução da fertilidade do touro, devido à elevação da temperatura testicular que pode prejudicar o ciclo espermatogênico e a qualidade do sêmen (ROBERTS, 1986). Skinner e Louw (1966) observaram que touros sob temperatura ambiente de 40°C e umidade relativa de 35-45% por 12 horas, reduziam sua qualidade seminal. Além disso, foi verificado que touros *B. taurus taurus* foram mais susceptíveis que *B. taurus indicus* à altas temperaturas.

Sob condições de alto índice de temperatura e umidade (ITU) no verão (média de 83), Menegassi et al. (2014) constataram redução da motilidade, turbilhonamento e vigor espermático, no entanto, as características morfológicas

dos espermatozoides não foram alteradas em touros Braford (5/8 Hereford + 3/8 Nelore) com idade de aproximadamente 24 meses criados na região sul do Brasil. É importante ressaltar que, quando a temperatura escrotal/testicular é aumentada, independentemente da causa, a morfologia espermática, geralmente, não é afetada imediatamente, mas posteriormente declina, pois devemos considerar o tempo de trânsito dos espermatozoides no epidídimo (BARTH; OKO, 1989).

Vários mecanismos podem ser responsáveis pelos efeitos adversos induzidos pelo calor sobre as células espermatogênicas (RAHMAN et al., 2011). A hipóxia e o estresse oxidativo têm a capacidade de desencadear a apoptose e a morte celular em vários tipos de células, entre elas os espermatozoides (PAUL; TENG; SAUNDERS, 2009). A elevação da temperatura testicular acarreta o aumento do metabolismo e da demanda de oxigênio celular, no entanto, o fluxo sanguíneo permanece constante, levando a um quadro de hipóxia no parênquima testicular (SETCHELL, 1998). Sob condições de hipóxia ocorre a ativação do fator induzido por hipóxia (*hypoxia-inducible factor* - HIF), que estimula a transcrição de genes envolvidos na vasodilatação, angiogênese e glicólise (PAUL; TENG; SAUNDERS, 2009). Além disso, a hipóxia tende a aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), da mesma forma que acontece em casos de lesões de isquemia/reperfusão (NICHI et al., 2006). Durante a hipóxia verifica-se disfunção mitocondrial, no entanto, quando a oferta de oxigênio é restaurada, as mitocôndrias são novamente funcionais e há exacerbada formação de ROS (WILHELM FILHO et al., 2004). O excesso de ROS causa danos a qualidade do sêmen, interferindo na capacidade fecundante dos espermatozoides (ANDRADE et al., 2010; MAIA; BICUDO, 2009). Malama et al. (2013) verificaram que variações no ITU podem modificar o microclima escrotal, afetando a temperatura superficial do escroto, prejudicando a estabilização da cromatina dos espermatozoides de carneiros.

Rahman et al. (2011) verificaram que o aumento da temperatura testicular de touros, via insulamento escrotal, afetou principalmente, aqueles espermatozoides que estavam em estágios de meiose e espermiogênese, devido à ocorrência de defeitos na remodelação da cromatina, que podem estar relacionados à falta de protaminação do DNA. Enquanto que as células germinativas são as mais sensíveis ao calor no testículo, as células de Leydig e de Sertoli parecem ser mais resistentes (WAITES; SETCHELL, 1990). Embora todos os estágios da espermatogênese sejam sensíveis à elevação da temperatura, o grau do dano observado, vai depender da extensão e da duração do insulto térmico (WAITES; SETCHELL, 1990).

2.5 Termografia infravermelha do escroto

Inicialmente, a termografia infravermelha (TI) foi desenvolvida para uso militar durante a Segunda Guerra Mundial (VERRATTI, 1992). Com o amadurecimento da tecnologia, novas aplicações estão sendo desenvolvidos continuamente. Atualmente, a TI tem sido muito utilizada na medicina, tanto humana quanto veterinária, principalmente para fins de diagnóstico (ALSAAOD et al., 2014; ARFAOUI et al., 2012; HAPER, 2000; RING; ARMMER, 2012).

A TI é definida como uma técnica não invasiva que nos permite, sem contato, visualizar a radiação térmica. Um radiômetro transforma a radiação infravermelha emitida por um corpo, em uma imagem térmica visível, na qual a intensidade da energia poderá ser representada por uma cor. Como a energia emitida por um corpo está diretamente relacionada à temperatura de sua superfície, a TI pode ser uma técnica de medição de temperatura (MEOLA; CARLOMAGNO, 2004). Como a temperatura da superfície da pele reflete a circulação de sangue subjacente e o metabolismo do tecido (PAULRUD et al.,

2002), Spruyt et al. (1995) recomendam o uso da TI como método auxiliar no estudo da termorregulação.

Kastelic, Couter e Cook (1995) verificaram que, em touros de corte, a temperatura média na superfície escrotal no polo proximal, médio e distal foi de 30,4°C, 29,8°C e 28,8°C, gerando assim, um gradiente de temperatura de 1,6°C entre o polo distal e proximal do escroto. Esse gradiente foi de 0,4°C nos tecidos subcutâneos e de -0,1°C no parênquima testicular. Esses gradientes de temperatura são consistentes com a sua vascularização, sendo que, o escroto é vascularizado de cima para baixo, ao passo que o testículo é vascularizado de baixo para cima (KASTELIC, 2014b).

Lunstra e Coulter (1993) selecionaram 30 tourinhos de corte com idades variando de 15 a 17 meses e exames andrológicos dentro dos padrões preconizados. Cada touro foi mantido individualmente com aproximadamente 18 novilhas, por um período de 45 dias. A taxa de prenhez foi avaliada 80 dias após o período de acasalamentos. Touros que possuíam padrão normal e questionável de temperatura da superfície do escroto obtiveram taxa de prenhez similar (83,4% vs. 85,3%, respectivamente). No entanto, touros com padrão anormal de temperatura da superfície do escroto obtiveram taxa de prenhez menor (68,3%; $P < 0,001$) que os touros de padrão normal e questionável.

3 CONCLUSÕES

A metodologia de CAP foi aplicada a touros Girolando podendo ser utilizada como ferramenta auxiliar para detecção de animais com maior potencial reprodutivo.

O índice de temperatura e umidade influenciou as temperaturas termográficas do escroto. No entanto, o desempenho dos touros Girolando na classificação andrológica por pontos, não foi limitado pelas temperaturas termográficas da superfície do escroto.

O desempenho insatisfatório dos touros na CAP foi causado, principalmente, pelo menor tamanho dos testículos. Touros que possuíam menor proporção de defeitos espermáticos tiveram melhor desempenho na CAP.

REFERÊNCIAS

ALSAAOD, M. et al. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. **The Veterinary Journal**, London, v. 199, p. 281-285, 2014.

ANDRADE, E. R. et al. Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 34, n. 2, p. 79-85, 2010.

ARFAOUI, A. et al. Application of infrared thermography as a diagnostic tool of knee osteoarthritis. **Journal of Thermal Science Technology**, Local, v. 7, n. 1, p. 227-235, 2012.

ARRUDA, R. P. et al. Morfologia espermática de touros: interpretação e impacto na fertilidade. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 39, n. 1, p. 47-60, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. **Mercado brasileiro de sêmen cresce 4,7 %**. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/imprensa/>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GIROLANDO. **Produção de leite no Brasil e participação da genética Girolando com ênfase em reprodução**. Disponível em: <<http://www.girolando.com.br/index.php?paginasSite/tecnico,39>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

BARTH, A.; BOWMAN, P. The sequential appearance of sperm abnormalities after scrotal insulation or dexamethasone treatment in bulls. **Canadian Veterinary Journal**, Ottawa, v. 35, p. 93-102, 1994.

BARTH, A. D. Evaluation of potential breeding soundness of the bull. Current therapy in large animal. **Theriogenology**, Stoneham v. 2, p. 228-240, 2007.

BARTH, A. D.; OKO, R. J. **Abnormal morphology of bovine spermatozoa.** Ames: Iowa State University, 1989. 302 p.

BLAZQUEZ, N.; MALLARD, G. J.; WEDD, S. R. Sweat glands of the scrotum of the bull. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 83, p. 673-677, 1988.

BLOM, E. The ultrastructure of some characteristic sperm defects and a proposal for a new classification of the bull spermogram. **Nordisk Veterinary Medicine**, Copenhagen, v. 25, n. 7, p. 383-381, 1973.

BRITO, L. F. C. et al. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology**, Stoneham, v. 61, p. 511-528, 2004.

BRITO, L. F. C. et al. Testicular vascular cone development and its association with scrotal temperature, semen quality, and sperm production in beef bulls. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 134, p. 135-140, 2012.

CHENOWETH, P. J.; BALL, L. Breeding soundness evaluation in bulls. In: MORROW, D. A. (Ed.). **Current therapy in theriogenology**. Philadelphia: WB Saunders, 1980. p. 330-339.

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. 2. ed. Belo Horizonte: CBRA, 1998. 49 p.

COOK, R. B.; COULTER, G. H.; KASTELIC, J. P. The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v. 41, p. 653-671, 1994.

CORBET, N. J. et al. Male traits and herd reproductive capability in tropical beef cattle. 2. Genetic parameters of bull traits. **Animal Production Science**, Sydney, v. 53, n. 2, p. 101-113, 2013.

DAHL, E. V.; HERRICK, J. F. A vascular mechanism for maintaining testicular temperature by counter-current exchange. **Surgery, Gynecology and Obstetrics**, Chicago, v. 108, n. 6, p. 697, 1959.

FONSECA, V. O. Avaliação reprodutiva de touros para a monta a campo: análise crítica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 6, p. 36-41, 2009.

FONSECA, V. O. et al. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base na biometria testicular e características morfológicas do sêmen. Uma nova preposição. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 1, p. 187, 1989.

FONSECA, V. O. O touro no contexto da eficiência reprodutiva do rebanho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 205, p. 48-63, 2000.

FONSECA, V. O.; SANTOS, N. R.; MALINSKI, P. R. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base no perímetro escrotal e características morfo-físicas do sêmen. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. 36-39, 1997.

FORDYCE, G. et al. Scrotal circumference of Australian beef bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v. 81, n. 6, p. 805-812, 2014.

FRENEAU, G. E. et al. Puberdade em touros Nelore criados a pasto no Brasil: Características corporais, testiculares seminais e de índice de capacidade andrológica por pontos (ICAP). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 6, p. 1107-1115, 2006.

GABALDI, S. H.; WOLF, A. A importância da termorregulação testicular na qualidade do sêmen em touros. **Revista Ciências Agrárias e da Saúde**, Andradina, v. 2, n. 2, p. 66-70, 2002.

GARCIA, A. R. **Efeitos do estresse térmico testicular e do uso da somatotropina recombinante bovina nas características seminais, integridade de membrana, função mitocondrial e estrutura da cromatina de espermatozóide de touros simental (*Bos taurus taurus*)**. 2004. 258 f. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GUIMARÃES, J. D. **Avaliação andrológica e estudos quantitativos e qualitativo da espermatogênese de touros F1 mestiços Holandês x zebu e Red Angus x Zebu**. 1997. 236 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

HARPER, D. L. The value of infrared thermography in a diagnosis and prognosis of injuries in animals. **Proceedings of Inframation**, Orlando, v. 1, p. 115-122, 2000.

JOHNSTON, J. E.; NAELAPAA, H.; FRYE, J. B. Physiological responses of Holstein, Brown Swiss and Red Sindhi crossbreed bulls exposed to high temperatures and humidities. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 432-436, 1963.

KASTELIC, J. P.; COULTER, G. H.; COOK, R. B. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular, and intraepididymal temperatures in bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v. 44, p. 147-152, 1995.

KASTELIC, J. P. Thermoregulation of the testes. In: HOPPER, R. M. (Ed.). **Bovine Reproduction**, Hoboken: Wiley-Blackwell. 2014a. p. 26-29.

KASTELIC, J. P.; THUNDATHIL, J. C. Breeding soundness evaluation and semen analysis for predicting bull fertility. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v. 43, n. 2, p. 368-373, 2008. Suppl. 2.

KASTELIC, J. P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology**, Stoneham, v. 81, n. 1, p. 18-23, 2014b.

LUNSTRA, D. D.; COULTER, G. H. Scrotal thermography as a tool for predicting semen quality and natural-mating fertility in young beef bulls. **Beef Research Program Progress Report**, Clay Center, v. 71, n. 4, p. 86-89, 1993.

MAIA, M. S.; BICUDO, S. D. Radicais livres, antioxidantes e função espermática em mamíferos: uma revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 33, n. 4, p. 183-193, 2009.

MALAMA, E. et al. Chromatin integrity of ram spermatozoa. Relationships to annual fluctuations of scrotal surface temperature and temperature-humidity index. **Theriogenology**, Stoneham, v. 80, p. 533–541, 2013.

MCGOWAN, M. R. et al. Bull selection and use in northern Australia: 1. Physical traits. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 25-37, 2002.

MENEGASSI, S. R. O. et al. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 357-364, 2014.

MEOLA, C.; CARLOMAGNO, G. M. Recent advances in the use of infrared thermography. **Measurement Science and Technology**, London, v. 15, p. R27-R58, 2004.

NICHI, M. et al. Seasonal variation in semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* bulls raised under tropical conditions. **Theriogenology**, Stoneham, v. 66, p. 822–828, 2006.

PACHECO, A. **Efeito da idade e de fazenda sobre as características seminais, medidas testiculares e morfométricas e suas repetibilidades em touros da raça Guzerá.** 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2005.

PAUL, C.; TENG, S.; SAUNDERS, P. T. K. A single, mild, transient scrotal heat stress causes hypoxia and oxidative stress in mouse testes, which induces germ cell death. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 80, p. 913–919, 2009.

PAULRUD, C. O. et al. Infrared thermography to evaluate milking induced alterations in teat tissue fluid circulation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, p. 84, 2002.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 1676-1683, 2000.

RAHMAN, M. B. et al. Scrotal insulation and its relationship to abnormal morphology, chromatin protamination and nuclear shape of spermatozoa in Holstein-Friesian and Belgian Blue bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v. 76, p. 1246-1257, 2011.

RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**, Bristol, v. 33, n. 3, p. R33-R46, 2012.

ROBERTSHAW, D.; VERCOE, J. E. Scrotal thermoregulation of the bull (*Bos* spp.). **Australian Journal Agricultural Research**, Collingwood, v. 31, n. 2, p. 401-407, 1980.

ROBERTS, S. J. Infertility in male animals. In: ROBERTS, S. J. (Ed.). **Veterinary obstetrics and genital diseases**. Michigan: Edwards Brothers, 1986. p. 752–793.

SANTOS, M. D. et al. Potencial reprodutivo de touros da raça Nelore submetidos a diferentes proporções touro:vaca. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 4, p. 497-503, 2004.

SEALFON, A. I.; ZORGNIOTTI, A.W. A theoretical model for testis thermoregulation. In: ZORGNIOTTI, A. W. (Ed.). **Temperature and environmental effects on the testis**. New York: Academic, 1991. p. 123-135.

SETCHELL, B. P. The Parkes Lecture - Heat and the testis. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 114, p. 179-194, 1998.

SETCHELL, B. P. The scrotum and thermoregulation. In: SETCHELL, B. P. (Ed.). **The mammalian testis**. Ithaca: Cornell University, 1978. p. 90-108.

SIDDIQUI, M. A. R. et al. Crossbred bull selection for bigger scrotum and shorter age at puberty with potentials for better quality semen. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v. 43, p. 74-79, 2008.

SILVA, A. E. D. F. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 1157-1165, 2002.

SKINNER, J. D.; LOUW, G. N. Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 21, p. 1784-1790, 1966.

SPRUYT, P. et al. La thermographie infrarouge dans l'étude de la thermorégulation: revue de la littérature. **Annales de Médecine Vétérinaire**, Liège, v. 139, p. 413-418, 1996.

TITTO, E. A. L. Clima: influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 10-23.

VALE FILHO, V. R. Desenvolvimento testicular em touros: aspectos clínicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 7., 1988, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBRA, 1988. p. 418-438.

VERATTI, A. B. **Termografia**: princípios, aplicações e qualidade. São Paulo: ICON Tecnologia e Serviços, 1992.

WAITES, G.; SETCHELL, B. Physiology of the mammalian testis. In: LAMMING, C. E. (Ed.). **Marshall's physiology of reproduction**. 4th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1990. v. 2, p. 1-105.

WILHELM FILHO, D. et al. Spermatic cord torsion, reactive oxygen and nitrogen species and ischemia-reperfusion injury. **Molecular Aspects of Medicine**, Elmsford, v. 25, p. 199-210, 2004.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1

Primeiro estudo do uso de termografia escrotal em touros Girolando e sua relação com a classificação andrológica por pontos

Artigo formatado segundo as normas da Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal

Primeiro estudo do uso de termografia escrotal em touros Girolando e sua relação com a classificação andrológica por pontos

First study of the use of scrotal thermography in Girolando bulls and their relation to breeding soundness evaluation

MOREIRA, Gabriel Miranda^{1,5}, MACULAN, Renata¹, FERREIRA, Marcos Brandão Dias², LOPES, Beatriz Cordenonsi², PEREIRA, Luiz Gustavo Ribeiro³, CEMBRANELLI, Marcello de Aguiar Rodrigues⁴, SALES, José Nélio de Sousa¹, SOUZA, José Camisão de¹

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil

² Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Uberaba, Minas Gerais, Brasil

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Gado de Leite, Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil

⁴ Associação Brasileira dos Criadores de Girolando (GIROLANDO), Uberaba, Minas Gerais, Brasil

⁵ Autor para correspondência: gmmzootecnia@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se verificar a relação entre as temperaturas termográficas da superfície do escroto e a classificação andrológica por pontos (CAP) em touros Girolando. A circunferência escrotal (CE), volume testicular (VOLTEST), comprimento do cordão espermático (CCE), textura da pele do escroto (TPE) e motilidade, vigor, turbilhonamento, defeitos maiores (DMA), defeitos menores (DME) e defeitos totais (DTO) do sêmen foram avaliados em 67 touros Girolando. Foram estabelecidas três classes de acordo com o desempenho na CAP: insatisfatório (0-29), questionável (30-59) e satisfatório (60-100). Foram capturadas fotos da superfície escrotal e da região ocular com uma câmera termográfica de infravermelho e as temperaturas foram avaliadas. Foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU) no momento da captura das fotos. A CE e o VOLTEST foram maiores ($P < 0,01$) em touros de desempenho satisfatório e questionável. DMA e DTO foram menores ($P < 0,01$) em touros de desempenho satisfatório. Idade, peso, CCE, TPE, parâmetros físicos do sêmen, DME e as temperaturas termográficas da superfície do escroto e da região ocular não diferiram ($P > 0,05$) entre as classes de desempenho na CAP. O ITU foi positivamente correlacionado ($P < 0,01$) com as temperaturas termográficas do escroto e da região ocular. As temperaturas termográficas da superfície do escroto não foram limitantes para o desempenho dos touros na CAP.

Palavras-chave: circunferência escrotal, espermograma, potencial reprodutivo, termorregulação testicular, touros mestiços

ABSTRACT

The objective was to verify the relationship to the scrotal surface thermographic temperatures and the breeding soundness evaluation (BSE) in Girolando bulls. Scrotal circumference (SC), testicular volume (TESTVOL), spermatic chord length (SCL), scrotum skin texture (SST), motility, vigor, mass motion, major defects (MAD), minor defects (MID), and total defects (TOD) were evaluated in sixty-seven Girolando bulls. Three classes were established according to the BSE score: unsatisfactory (0-29), questionable (30-59) and satisfactory (60-100). Were captured photographs of scrotal surface and ocular region with a thermographic infrared camera and temperatures were evaluated. A temperature and humidity index (THI) was calculated when photographs were taken. The SC and TESTVOL of satisfactory and questionable bulls were greater ($P < 0.01$). Age, weight, SCL, SST, seminal physical parameters, MID and scrotal surface and ocular region thermographic temperatures were similar ($P > 0.05$) between BSE classes. The THI was positively correlated ($P < 0.01$) to the scrotum and ocular region thermographic temperatures. The thermographic temperatures of the scrotal surface were not limiting to the BSE performance of bulls.

Keywords: crossbred bulls, reproductive potential, scrotal circumference, spermogram, testicular thermoregulation.

INTRODUÇÃO

Os animais Girolando, devido a sua flexibilidade de adaptação às diversas condições ambientais, compõem grande parte do rebanho bovino leiteiro nacional. Entretanto, as biotécnicas reprodutivas ainda são pouco exploradas, dificultando a inserção de animais geneticamente superiores nos rebanhos. No Brasil, estima-se que cerca de 90% das fêmeas em idade reprodutiva são acasaladas pelo sistema de monta natural, todavia, a proporção de touros que passam por avaliação andrológica é muito baixa (Menegassi et al., 2011). Assim, torna-se indispensável a avaliação do potencial reprodutivo dos touros, com o objetivo de selecionar animais com maior capacidade de fertilizar sem prejudicar a eficiência reprodutiva do rebanho (Santos et al., 2004). Nesse sentido, a classificação andrológica por pontos (CAP) surge como ferramenta que permite pontuar os touros segundo a circunferência escrotal (CE) de acordo com a idade e os aspectos físicos e morfológicos do sêmen, permitindo avaliá-los quanto ao seu potencial reprodutivo (Vale Filho, 1988). No entanto, pouca informação se tem a respeito da utilização da CAP para seleção de touros Girolando.

Na literatura está muito bem descrito que a temperatura dos testículos do touro devem estar entre 2 e 6°C abaixo da temperatura corporal para que ocorra produção de espermatozoides normais e isso é possível graças aos diversos mecanismos de termorregulação presentes nos testículos e escroto (Kastelic, 2014). Nesse sentido, a elevação da temperatura ambiental, acima dos limites da termorregulação, pode acarretar em danos irreparáveis as células espermáticas (Kastelic, 2014). Visto que as temperaturas ambientais podem limitar a produção de espermatozoides, novas ferramentas surgem para avaliar a capacidade de termorregulação testicular dos touros.

A termografia infravermelho (TI) é definida como uma técnica não invasiva que permite visualizar a radiação emitida por um corpo que está diretamente relacionada a temperatura de sua superfície, portanto, a TI pode ser uma técnica de medição de temperatura (Meola & Carlomagno, 2004). Considerando que a temperatura da superfície da pele reflete a circulação de sangue subjacente e o metabolismo do tecido, é possível utilizar a TI como método auxiliar no estudo da termorregulação testicular (Coulter et al., 1988). Dessa forma, o objetivo deste estudo foi verificar a relação entre as temperaturas termográficas da superfície do escroto e a CAP em touros Girolando.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de *Performance* Girolando, nas dependências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), no município de Uberaba, Minas Gerais, no período de 26 de janeiro a 26 de junho de 2015.

Foram avaliados 67 touros Girolando de duas diferentes composições genéticas (3/4 Holandês + 1/4 Gir e 5/8 Holandês + 3/8 Gir). Os animais possuíam, no momento das coletas de sêmen, idade (média \pm desvio padrão) de $28,1 \pm 6,6$ meses, variando de 19 a 51 meses, com peso vivo (média \pm desvio padrão) de $579,1 \pm 124,8$ Kg, sendo, mínimo de 354 Kg e máximo de 900 Kg.

Os reprodutores foram divididos em dois lotes de acordo com o peso e mantidos em sistema de pastejo intensivo rotacionado em área de capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, durante o período de chuvas. No período de seca os animais receberam suplementação com silagem de milho e concentrado. Os animais recebiam suplementação mineral *ad libitum* e possuíam acesso a sombreamento artificial ($3m^2$ /animal).

Após período de adaptação foi realizada a avaliação andrológica dos touros entre os dias 3 e 6 de março. Foi mensurada a circunferência escrotal (CE) utilizando fita métrica e tomada na posição mediana do escroto, na região de maior diâmetro dos testículos, segundo Kastelic & Thundathil (2008). A largura e o comprimento dos testículos direito e esquerdo foram medidos utilizando um paquímetro. Para o cálculo do volume testicular (VOLTEST) foram utilizados os valores médios do comprimento e da largura entre os testículos direito e esquerdo. O VOLTEST foi calculado utilizando a seguinte equação, descrita por Bailey et al. (1998): $VOLTEST = 0,5236 * C * (L^2)$, em que, C representa o valor médio do comprimento entre os testículos direito e esquerdo e L representa o valor médio da largura entre os testículos direito e esquerdo. O comprimento do cordão espermático (CCE) foi avaliado subjetivamente em escala de 1 – 3 (1 = curto; 2 = normal; 3 = penduloso). Também foi avaliada a textura da pele do escroto (TPE) utilizando uma escala subjetiva variando de 1 – 3 (1 = fina; 2 = rugosa; 3 = muito rugosa).

As amostras de sêmen utilizadas para avaliação da qualidade foram obtidas por eletroejaculação. Os parâmetros físicos do sêmen analisados foram: motilidade (MOT, %), vigor (VIG; escore de 1 a 5) e turbilhonamento (TURB; escore de 1 a 5). As características morfológicas observadas foram: presença de defeitos maiores (DMA, %), defeitos menores (DME, %) e defeitos totais (DTO, %). As avaliações foram feitas segundo os procedimentos do Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998).

A classificação andrológica por pontos (CAP) dos touros foi realizada seguindo as recomendações de Chenoweth & Ball (1980) que estabeleceram índices de pontuação para motilidade, vigor, morfologia espermática e circunferência escrotal. Após atribuir as pontuações, os animais tiveram o

desempenho classificado como: satisfatório (60 - 100 pontos), questionável (30 – 59 pontos), insatisfatório (< 30 pontos).

As imagens termográficas foram capturadas no dia 18 de junho. A temperatura da superfície escrotal foi determinada com câmera termográfica de infravermelho modelo FLIR® série T4xx. A câmera foi direcionada para a superfície caudal do escroto a uma distância de 0,80 m. As imagens capturadas foram transferidas para o computador e analisadas com o software FLIR® QuickReport v.1.2. Foram avaliadas as seguintes temperaturas: média (L1MÉD), máxima (L1MÁX) e mínima (L1MÍN) na rafe escrotal; média no polo proximal do escroto (L2MÉD), sobre o cordão espermático; média no maior diâmetro do escroto (L3MÉD); média na cabeça do epidídimo (L4MÉD); e média na cauda do epidídimo (L5MÉD). Foi calculado o gradiente de temperatura no escroto (GRAD) subtraindo a L2MÉD da L5MÉD. O estado térmico dos touros foi avaliado capturando uma imagem lateral da cabeça sendo a temperatura termográfica obtida em um quadrado desenhado em torno da região ocular, incluindo o globo ocular, a pele ao redor da cavidade ocular e a glândula lacrimal (TOCULAR). Segundo Schaefer et al. (2007), esta região é muito sensível a variações termorregulatórias associadas ao estresse térmico.

A temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) e a umidade relativa (UR%) do ambiente foram colhidas concomitantemente ao momento em que eram capturadas as fotos termográficas. Estes dados foram utilizados para calcular o índice de temperatura e umidade (ITU) segundo a equação proposta por Thom (1959):

$$\text{ITU} = 0,8 * T^{\circ}\text{C} + \frac{\text{UR}\%}{100} * (T^{\circ}\text{C} - 14,4) + 46,4$$

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Statistical Analysis System versão 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Os dados foram submetidos a análise de distribuição de frequência (PROC UNIVARIATE), e

receberam transformação logarítmica quando a normalidade da amostra não foi observada. O procedimento de análise de variância General Linear Model (PROC GLM) foi utilizado para determinar diferenças entre as classes de desempenho na CAP (satisfatório, questionável e insatisfatório). As diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre as médias em cada classe de CAP foram encontradas utilizando o teste de Student-Newman-Keuls (SNK). A associação entre as variáveis analisadas foi verificada utilizando a análise de correlação de Pearson (PROC CORR). Um modelo de regressão linear (PROC REG) foi proposto para avaliar a relação entre o ITU e a LIMÁX.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora não exista uma tabela de CAP específica para raças mestiças, neste estudo foi utilizado o sistema proposto para taurinos, uma vez que os animais avaliados possuíam, em sua composição genética, maior proporção da raça Holandesa. Dentro dos limites verificados na literatura, não foram encontrados estudos aplicando a metodologia de CAP em touros Girolando.

O valor médio de CAP foi maior ($P < 0,0001$) nos touros da classe de desempenho satisfatório ($71,7 \pm 1,93$) em relação às demais, sendo o valor da classe questionável ($41,4 \pm 1,25$) superior ao da classe insatisfatório ($21,7 \pm 3,33$). De acordo com Vale Filho (2001), touros que possuem melhor desempenho na CAP tendem a ser reprodutivamente mais eficientes uma vez que possuem parâmetros seminais e escrotais superiores.

A proporção de touros com desempenho satisfatório, questionável e insatisfatório na CAP foi de 26,9% (18/67), 64,2% (43/67) e 8,9% (6/67), respectivamente. Em touros Gir com idades variando entre 25 e 31 meses, Folhadella et al. (2006) verificaram 58,3% de animais com CAP maior que 60. Essa menor porcentagem de animais com desempenho satisfatório pode estar

relacionada, principalmente, a morfologia espermática, já que os animais avaliados nesse estudo apresentaram alta proporção de defeitos espermáticos quando comparados aos do estudo citado. A alta incidência de touros com desempenho questionável corrobora o que a literatura brasileira vem demonstrando. Segundo Fonseca (2009), esse fato pode ser explicado, principalmente, devido as alterações clínicas de natureza genética ou adquirida (doenças degenerativas, acidentes, infecções diversas, etc).

A idade e o peso dos touros não diferiram entre as classes de CAP (Tabela 1). Quirino et al. (1999) verificaram que a CE, em touros Nelore, somente atinge um platô de crescimento em torno dos 40 meses, sendo assim, até esse momento, os valores de CAP tendem a aumentar com o avançar da idade. Dias et al. (2009) não verificaram diferença entre a idade média de touros da raça Nelore com CAP menor que 60 e maior ou igual a 60, entretanto, o peso médio dos animais foi superior nos indivíduos com maior pontuação aos dois anos de idade. Isso sugere que o peso dos animais pode exercer influência na determinação do potencial reprodutivo e no desempenho na CAP, fato também sugerido por Coulter (1986) em touros *B. taurus taurus*. Todavia, a ausência de efeito da idade e peso sobre a CAP pode maximizar os resultados observados na termografia escrotal, pois tais fatores poderiam sobrepor o efeito desta variável.

A CE e o VOLTEST foram superiores nos touros com desempenho satisfatórios e questionáveis em relação aos insatisfatórios (Tabela 1). Adicionalmente, foi observada correlação positiva ($r = 0,51$; $P < 0,0001$) entre a CE e a CAP. Correlação ainda mais alta ($r = 0,71$; $P < 0,0001$) foi verificada por Lopes et al. (2013) em touros Nelore com idade média de $25,38 \pm 2,16$. Esse resultado indica que o tamanho dos testículos é o principal fator que limita o desempenho dos touros na CAP devendo ser utilizado como critério de seleção. A CE está geneticamente e fenotipicamente correlacionada com características

reprodutivas de touros (Fordyce et al., 2014), principalmente a qualidade do sêmen (Corbet et al., 2013), o que corrobora os presentes resultados.

Tabela 1. Idade, peso, parâmetros escrotais e seminais de acordo com o desempenho na classificação andrológica por pontos de touros Girolando¹

Parâmetros	Desempenho na CAP			P
	Satisfatório (n=18)	Questionável (n=43)	Insatisfatório (n=6)	
Idade (meses)	30,6 ± 1,52	27,2 ± 0,99	28,3 ± 2,64	0,1863
Peso (Kg)	604,7 ± 30,36	579,7 ± 19,09	511,0 ± 51,10	0,2955
CE (cm)	37,1 ± 0,61 ^a	35,9 ± 0,40 ^a	31,3 ± 1,06 ^b	< 0,0001
VOLTEST (cm ³)	321,9 ± 16,19 ^a	295,7 ± 10,18 ^a	201,4 ± 27,26 ^b	0,0014
TPE (1-3)	1,6 ± 0,15	1,9 ± 0,10	1,5 ± 0,26	0,2373
CCE (1-3)	1,9 ± 0,16	1,8 ± 0,10	1,8 ± 0,27	0,9605
DMA (%)	18,5 ± 5,65 ^b	45,7 ± 3,65 ^a	53,2 ± 9,78 ^a	< 0,0001
DME (%)	17,4 ± 2,40	17,1 ± 1,55	15,3 ± 4,16	0,9053
DTO (%)	35,9 ± 5,23 ^b	62,8 ± 3,39 ^a	68,5 ± 9,06 ^a	0,0001
TURB (1-5)	2,2 ± 0,41	1,2 ± 0,27	1,8 ± 0,71	0,1533
MOT (%)	58,9 ± 4,84	44,4 ± 3,13	50,0 ± 8,38	0,0750
VIG (1-5)	4,2 ± 0,28	3,7 ± 0,18	3,8 ± 0,49	0,3571

¹ Valores correspondem a média dos mínimos quadrados ± erro padrão da média. *CE* Circunferência escrotal, *VOLTEST* Volume testicular, *TPE* Textura da pele do escroto, *CCE* Comprimento do cordão espermático, *DMA* Defeitos maiores, *DME* Defeitos menores, *DTO* Defeitos totais, *TURB* Turbilhonamento, *MOT* Motilidade, *VIG* Vigor, *CAP* Classificação andrológica por pontos

O CCE e a TPE não variaram entre os touros com diferentes desempenhos na CAP (Tabela 1). Outros estudos, contrariamente, apontam para possíveis efeitos ligados a CCE e TPE sobre a CAP. Nesse aspecto, Brito et al. (2002) verificaram que o CCE aumentou de acordo com o aumento da idade, podendo influenciar indiretamente o desempenho na CAP. Siddiqui et al. (2008) observaram que touros mestiços (*B. taurus taurus* x *B. taurus indicus*) com pele

escrotal mais espessa produziam maior proporção espermatozoides com cabeça anormal.

Como esperado, a proporção de defeitos espermáticos maiores e totais foi maior em touros com desempenho insatisfatório e questionável na CAP (Tabela 1) e foram negativamente correlacionadas com a CAP (Tabela 2). Similarmente, Lopes et al. (2013) observaram correlação negativa entre CAP e defeitos maiores ($r = -0,66$; $P < 0,001$) e defeitos totais ($r = -0,74$; $P < 0,0001$) em touros Nelore. Maior motilidade, turbilhonamento e vigor espermático foram correlacionados positivamente com a CAP (Tabela 2), embora, dentro das classes de CAP não tenha sido observada diferença para os parâmetros físicos do sêmen (Tabela 1). Outros estudos evidenciam que existem correlações negativas entre CAP e características morfológicas do sêmen e positivas entre CAP e características físicas do sêmen em touros da raça Nelore (Salvador et al., 2002) e Gir (Folhadella et al., 2006). Foram observadas correlações negativas de defeitos maiores e totais com motilidade, turbilhonamento e vigor espermáticos (Tabela 2). Esses resultados reforçam que características morfológicas dos espermatozoides influenciam os parâmetros físicos do sêmen (Freneau et al., 2010).

Tabela 2. Coeficientes de correlações de Pearson entre parâmetros de qualidade seminal e classificação andrológica por pontos em touros Girolando

Variáveis	DME	DTO	TURB	MOT	VIG	CAP
DMA	-0,35**	0,93**	-0,36**	-0,51**	-0,36**	-0,57**
DME		0,03	-0,01	-0,12	-0,11	0,10
DTO			-0,39**	-0,59**	-0,43**	-0,57**
TURB				0,67**	0,60**	0,28*
MOT					0,78**	0,42**
VIG						0,34**

DMA Defeitos maiores (%), *DME* Defeitos menores (%), *DTO* Defeitos totais (%), *TURB* Turbilhonamento, *MOT* Motilidade (%), *VIG* Vigor, *CAP* Classificação andrológica por pontos. * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

As temperaturas termográficas do escroto não diferiram entre as classes de desempenho na CAP (Tabela 3). Isso sugere que a temperatura na superfície escrotal não foi fator limitante para os touros Girolando, justificando a resistência de raças mestiças a temperaturas elevadas. Esse pode ser um dos motivos que contribui para a alta aceitabilidade desses animais pelos criadores de bovinos leiteiros no Brasil. Essa maior resistência pode estar relacionada às características físicas ligadas a termorregulação testicular. Brito et al. (2004) observaram que, em condições tropicais, touros de origem europeia possuem menor relação entre o volume e o comprimento da artéria testicular com o volume dos testículos quando comparados a touros de origem zebuína e mestiços, sugerindo que o fornecimento de sangue aos testículos é maior para esses animais e contribui para maior resistência a altas temperaturas. Todavia, estudos sobre a anatomia testicular de touros Girolando, que poderiam embasar comparações, não foram encontrados na literatura.

O ITU foi positivamente correlacionado com as temperaturas escrotais (Tabela 4; Fig. 1), evidenciado a influência dos fatores climáticos sobre a termorregulação testicular (Menegassi et al., 2014). As temperaturas da superfície escrotal, independentemente do local de aferição, foram correlacionadas com a TOCULAR (Tabela 4). Além disso, foi verificada alta correlação positiva entre a TOCULAR e o ITU (Tabela 4). Segundo Schaefer et al. (2007), a região ocular é muito sensível a variações termorregulatórias que podem ser utilizadas como um indicador do estado térmico dos animais. Todas as temperaturas escrotais mensuradas foram correlacionadas positivamente entre si (Tabela 4). Segundo Kastelic et al. (1995), as temperaturas mais altas do escroto são aferidas no polo proximal e reduzem à medida que o ponto de mensuração se distancia dessa região. Da mesma forma, Menegassi et al. (2014) verificaram que o aumento da temperatura no polo proximal do escroto está

correlacionado ($r = 0,64$; $P < 0,01$) ao aumento da temperatura no polo distal, concordando com os presentes resultados.

Tabela 3. Temperaturas termográficas do escroto e da região ocular de acordo com o desempenho na classificação andrológica por pontos de touros Girolando¹

Temperaturas termográficas (°C)	Desempenho na CAP			<i>P</i>
	Satisfatório (n=18)	Questionável (n=43)	Insatisfatório (n=6)	
TOCULAR	39,7 ± 0,18	39,5 ± 0,12	39,4 ± 0,32	0,4983
L1MÁX	38,2 ± 0,28	37,8 ± 0,18	37,6 ± 0,49	0,4358
L1MÍN	31,5 ± 0,27	31,4 ± 0,17	31,4 ± 0,46	0,9811
L1MÉD	34,1 ± 0,22	34,1 ± 0,14	34,3 ± 0,38	0,9100
L2MÉD	35,9 ± 0,31	35,8 ± 0,20	35,2 ± 0,53	0,5687
L3MÉD	33,5 ± 0,29	33,4 ± 0,19	33,6 ± 0,50	0,9190
L4MÉD	34,4 ± 0,20	34,5 ± 0,13	34,5 ± 0,35	0,9491
L5MÉD	31,8 ± 0,30	31,9 ± 0,19	32,0 ± 0,51	0,9617
GRAD	4,1 ± 0,33	3,9 ± 0,21	3,3 ± 0,56	0,4678

¹Valores correspondem a média dos mínimos quadrados ± erro padrão da média. *TOCULAR* Temperatura ocular, *L1MÁX* Temperatura máxima na rafe escrotal, *L1MÍN* Temperatura mínima na rafe escrotal, *L1MÉD* Temperatura média na rafe escrotal, *L2MÉD* Temperatura média no polo proximal do escroto, *L3MÉD* Temperatura média no maior diâmetro do escroto, *L4MÉD* Temperatura média na cabeça do epidídimo, *L5MÉD* Temperatura média na cauda do epidídimo, *GRAD* Diferença entre *L2MÉD* e *L5MÉD*

Tabela 4. Coeficientes de correlações de Pearson entre temperaturas termográficas do escroto e da região ocular e índice de temperatura e umidade em touros Girolando

Variáveis	L1MÁX	L1MÍN	L1MÉD	L2MÉD	L3MÉD	L4MÉD	L5MÉD	GRAD	ITU
TOCULAR	0,68**	0,56**	0,60**	0,70**	0,34**	0,54**	0,50**	0,22	0,77**
L1MÁX		0,50**	0,66**	0,72**	0,34**	0,62**	0,38**	0,38**	0,68**
L1MÍN			0,81**	0,49**	0,57**	0,57**	0,93**	-0,35**	0,57**
L1MÉD				0,68**	0,65**	0,82**	0,77**	-0,01	0,60**
L2MÉD					0,40**	0,69**	0,41**	0,57**	0,68**
L3MÉD						0,58**	0,61**	-0,17	0,34**
L4MÉD							0,54**	0,19	0,45**
L5MÉD								-0,50**	0,51**
GRAD									0,19

TOCULAR Temperatura ocular ($^{\circ}\text{C}$), *L1MÁX* Temperatura máxima na rafe escrotal ($^{\circ}\text{C}$), *L1MÍN* Temperatura mínima na rafe escrotal ($^{\circ}\text{C}$), *L1MÉD* Temperatura média na rafe escrotal ($^{\circ}\text{C}$), *L2MÉD* Temperatura média no polo proximal do escroto ($^{\circ}\text{C}$), *L3MÉD* Temperatura média no maior diâmetro do escroto ($^{\circ}\text{C}$), *L4MÉD* Temperatura média na cabeça do epidídimo ($^{\circ}\text{C}$), *L5MÉD* Temperatura média na cauda do epidídimo ($^{\circ}\text{C}$), *GRAD* Diferença entre *L2MÉD* e *L5MÉD* ($^{\circ}\text{C}$), *ITU* Índice de temperatura e umidade. * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

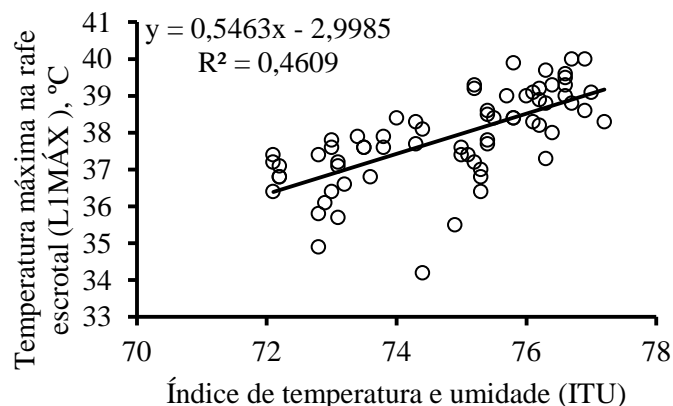


Figura 1. Regressão linear entre o índice de temperatura e umidade e a temperatura termográfica máxima na rafe escrotal de touros Girolando. $P < 0,0001$

Em conclusão, a metodologia de CAP foi aplicada a touros Girolando podendo ser utilizada como ferramenta auxiliar para detecção de animais com maior potencial reprodutivo. O índice de temperatura e umidade influenciou as

temperaturas termográficas do escroto. No entanto, o desempenho dos touros Girolando na classificação andrológica por pontos não foi limitado pelas temperaturas termográficas da superfície do escroto. O desempenho insatisfatório dos touros na CAP foi causado, principalmente, pelo menor tamanho dos testículos. Touros que possuíam menor proporção de defeitos espermáticos tiveram melhor desempenho na CAP.

AGRADECIMENTOS

À GIROLANDO por disponibilizar os dados para produção deste artigo.
À EPAMIG e à EMBRAPA Gado de Leite, pela condução do experimento.

REFERÊNCIAS

- BAILEY, T.L.; HUDSON, R.S.; POWE, T.A.; RIDDELL, M.G.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology**, v. 49, n. 3, p. 581-594, 1998.
- BARTH, A.D.; OKO, R.J. **Abnormal morphology of bovine spermatozoa**. Ames, IA: Iowa State University Press, 1989. 302p
- BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.; RODRIGUES, L.H.; VIEIRA, F.V.; DERAGON, L.A.G.; KASTELIC, J.P. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* AI bulls in Brazil. **Animal Reproduction Science**, v. 70, p. 181-190, 2002.
- BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC, J.P. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology**, v. 61, p. 511-528, 2004.
- CHENOWETH, P.J.; BALL, L. Breeding soundness evaluation in bulls. In: Morrow DA. (Ed.). **Current therapy in theriogenology**. Philadelphia: WB Saunders, 1980. p. 330-339.
- CORBET, N.J.; BURNS, B.M.; JOHNSTON, D.J.; WOLCOTT, M.L.; CORBET, D.H.; VENUS, B.K.; LI, Y.; MCGOWAN, M.R.; HOLROYD, R.G.

Male traits and herd reproductive capability in tropical beef cattle. 2. Genetic parameters of bull traits. **Animal Production Science**, v. 53, n. 2, p. 101-113, 2013.

COULTER, G.H. Puberty and postpuberal development of beef bulls. In: Morrow DA. (Ed.). **Current therapy of theriogenology**. 2.ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1986. p.142-148

COULTER, G.H.; SERENGER, P.L.; BAILEY, D.R.C. Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.84, p.417-423, 1988.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; MARTINS, J.A.M.; EMERICK, L.L.; GONÇALVES, P.E.M.; VALE FILHO, V.R. Classificação Andrológica por Pontos (CAP) de touros Nelore (*Bos taurus indicus*) de dois e três anos de idade, criados sob pastejo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1094-1099, 2009.

FOLHADELLA, I.D.M.; SÁ, W.F.; FERREIRA, A.M.; CAMARGO, L.S.; VIANA, J.H.; RAMOS, A.A.; SILVA, M.V.G. Características andrológicas de touros da raça Gir. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 809-815, 2006.

FORDYCE, G.; MCGOWAN, M.R.; LISLE, A.; MULLER, T.; ALLEN, J.; DUFF, C.; HOLROYD, R.G.; CORBET, N.J.; BURNS, B.M. Scrotal circumference of Australian beef bulls. **Theriogenology**, v. 81, n. 6, p. 805-812, 2014.

FRENEAU, G.E.; CHENOWETH, P.J.; ELLIS, R.; RUPP, G. Sperm morphology of beef bulls evaluated by two different methods. **Animal Reproduction Science**, v.118, p.176-181, 2010.

KASTELIC, J.P.; COULTER, G.H.; COOK, R.B. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular, and intraepididymal temperatures in bulls. **Theriogenology**, v. 44, n. 1, p. 147-152, 1995.

KASTELIC, J.P.; THUNDATHIL, J.C. Breeding soundness evaluation and semen analysis for predicting bull fertility. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, n. 2, p. 368-373, 2008.

KASTELIC, J.P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology**, v. 81, n. 1, p. 18-23, 2014.

LOPES, F.G.; KOETZ JUNIOR, C.; BARCA JÚNIOR, F.A.; OKANO, W.; SILVA, L.C.; SILVA JÚNIOR, M.A.G. Sexual maturity and breeding soundness evaluation (BSE) in purebred nelore young bulls. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, 2013.

CBRA. **Manual para exame andrológico e avaliação do sêmen animal**. 2.ed. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1998. 49p.

MENEGASSI, S.R.O.; BARCELLOS, J.O.J.; DIAS, E.A.; KOETZ JUNIOR, C.; PEREIRA, G.P.; PERIPOLLI, V.; MCMANUS, C.; CANOZZI, M.E.A.; LOPES, F.G. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 3, p. 357-364, 2014.

MENEGASSI, S.R.O.; BARCELLOS, J.O.J.; LAMPERT, V.N.; BORGES, J.B.S.; PERIPOLLI, V. Bioeconomic impact of bull breeding soundness examination in cow-calf systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.441-447, 2011.

MEOLA, C.; CARLOMAGNO, G.M. Recent advances in the use of infrared thermography. **Measurement Science and Technology**, v. 15, p. R27-R58, 2004.

SALVADOR, D.F.; DIAS, J.C.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; SILVA, A.S.; NOGUEIRA, E. Perfil andrológico de touros da raça Nelore com três e quatro anos de idade, criados extensivamente em condições do estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 26, n. 2, p. 64-67, 2002.

SANTOS, M.D.; TORRES, C.A.A.; RUAS, J.R.M.; GUIMARÃES, J.D.; SILVA FILHO, J.M. Potencial reprodutivo de touros da raça Nelore submetidos a diferentes proporções touro:vaca. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 4, p. 497-503, 2004.

SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; CHURCH, J.S.; BASARAB, J.; PERRY, B.; MILLER, C.; TONG, A.K.W. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**, v. 83, p. 376-384, 2007.

SIDDQUI, M.A.R.; BHATTACHARJEE, J.; DAS, Z.C.; ISLAM, M.M.; ISLAM, M.A.; HAQUE, M.A.; PARRISH, J.J.; SHAMSUDDIN, M. Crossbred bull selection for bigger scrotum and shorter age at puberty with potentials for better quality semen. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, n. 1, p. 74-79, 2008.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TURNER, S.P.; NAVAJAS, E.A.; HYSLOP, J.J.; ROSS, D.W.; RICHARDSON, R.I.; PRIETO, N.; BELL, M.; JACK, M.C.; ROEHE, R. Associations between response to handling and growth and meat quality in frequently handled *Bostaurus* beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4239-4248, 2011.

VALE FILHO, V.R. Subfertilidade em touros: parâmetros para avaliação andrológica e conceituação geral. **Cadernos técnicos de veterinária e zootecnia**, n. 35, p. 81-87, 2001.

VALE FILHO, V.R. Desenvolvimento testicular em touros: aspectos clínicos. *In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 1988, Belo Horizonte, MG. Anais...* Belo Horizonte: CBRA, 1988. p.418-438.

(VERSÃO PRELIMINAR)

ANEXOS

ANEXO A – Tabelas de classificação andrológica por pontos

Tabela 1 Classificação andrológica por pontos para touros zebuínos, baseada na circunferência escrotal e características físicas e morfológicas do sêmen.

Parâmetros	Classificação			
	Excelente	Muito Bom	Bom	Questionável
Motilidade espermática				
<i>Vigor (1 - 5)</i>	5	4 a < 5	3 a < 4	< 3
<i>Individual (%)</i>	> 70	60 a < 70	50 a < 60	< 50
Total de pontos	16 a 20	12 a 15,99	10 a 11,99	0 a 9,99
Morfologia espermática				
<i>Defeitos maiores (%)</i>	< 10	> 10 a 15	15 a 20	> 20
<i>Total de defeitos (%)</i>	< 15	> 15 a 20	20 a 30	> 30
Total de pontos	35 a 40	25 a 34,99	15 a 24,99	0 a 14,99
Circunferência escrotal (cm)				
Idade (meses)				
24 – 35	32	30 a < 32	28 a < 30	< 28
36 – 47	34	32 a < 34	30 a < 32	< 30
48 – 59	36	34 a < 36	32 a < 34	< 32
≥ 60	38	36 a < 38	33 a < 36	< 33
Total de pontos	35 a 40	25 a 34,99	15 a 24,99	0 a 14,99
Total Geral	86 a 100	62 a 85,9	40 a 61,9	< 39,9

Fonte: Adaptada de Fonseca (1989)

Tabela 2 Classificação andrológica por pontos para touros zebuínos, baseada na circunferência escrotal e características físicas e morfológicas do sêmen.

Parâmetros	Classificação			
	Excelente	Muito Bom	Bom	Questionável
Motilidade espermática				
<i>Vigor (1 - 5)</i>	5	4 < 5	3 < 4	< 3
<i>Individual (%)</i>	75	60 < 75	30 < 60	< 30
Pontos outorgados	21 - 25	16 < 21	10 < 16	< 10
Morfologia espermática				
<i>Defeitos maiores (%)</i>	5	> 5 - 10	> 10 - 20	> 20
<i>Total de defeitos (%)</i>	10	> 10 - 15	> 15 - 30	> 30
Pontos outorgados	30 - 35	25 < 30	15 < 25	< 15
Circunferência escrotal (cm)				
Idade (meses)				
<i>7 a < 12</i>	21	19,5 < 21	17,5 < 19,5	< 17,5
<i>12 a < 18</i>	26	24 < 26	21,5 < 24	< 21,5
<i>18 a < 24</i>	31,5	28 < 31,5	28 < 28,5	< 26
<i>24 a < 36</i>	35	32 < 35	29 < 32	< 29
<i>36 a < 48</i>	37	33,5 < 37	30,5 < 33,5	< 30,5
<i>≥ 48</i>	39	36 < 39	33 < 36	< 33
Pontos outorgados	35 a 40	25 < 35	15 < 25	< 15
Total de pontos do touro	86 - 100	66 < 86	40 < 66	< 40

Fonte: Adaptada de Fonseca, Santos e Malinski (1997)