

**TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO DO ESCROTO E
QUALIDADE DE SÊMEN EM TOUROS NELORE (*Bos taurus indicus*)**

FELIPE RYDYGIER DE RUEDIGER

**TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO DO ESCROTO E
QUALIDADE DE SÊMEN EM TOUROS NELORE (*Bos taurus indicus*)**

FELIPE RYDYGIER DE RUEDIGER

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal - Área de Concentração: Fisiopatologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo George Mungai Chacur

636.089 26 Rydygier de Ruediger, Felipe.
R992t Termografia digital por infravermelho do escroto e qualidade de sêmen em touros Nelore (*Bos taurus indicus*) / Felipe Rydygier de Ruediger. -- Presidente Prudente, 2014.
64 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2014.

Bibliografia.

Orientador: Marcelo George Mungai Chacur.

1. Termografia. 2. Sêmen. 3. Touro Zebu. I. Título.

FELIPE RYDYGIER DE RUEDIGER

**TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO DO ESCROTO E
QUALIDADE DE SÊMEN EM TOUROS NELORE (*Bos taurus indicus*)**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal - Área de Concentração: Fisiopatologia Animal.

Presidente Prudente, 20 de Junho de 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo George Mungai Chacur (orientador)
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Prof. Dr. Luis Souza Lima de Souza Reis
Universidade de Santo Amaro - UNISA
São Paulo-SP

Prof. Dr. Hermann Bremer Neto
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Ricardo e Telma, à minha irmã Paula e a
Gabriela
por sempre acreditarem nos meus sonhos, no meu potencial e me incentivarem.
Sem vocês seria impossível!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar no caminho certo, me dar forças, coragem e sabedoria em todos os momentos.

Agradeço ao meu Pai e a minha Mãe, mesmo com a distância sinto diariamente todo o calor do amor de vocês, todas as palavras de incentivo, cada vez que pensam em mim, muito obrigado por serem quem são, por tudo que fizeram e fazem por mim, por todos os seus sonhos abdicados para realizar os meus, faltam palavras.....

À minha irmã Paula, meu terceiro pilar, pelo carinho e compreensão. Mostrando sempre com sua alegria o lado bom da vida.

À Gabi, mais que uma namorada, uma amiga, parceira e cúmplice. Por todo seu amor, carinho e incentivo em todos os momentos. Pela ajuda nos trabalhos, artigos e dissertação. Sempre com um abraço carinhoso e uma palavra de incentivo.

Aos meus avós, tios, primos os quais carrego em meu coração.

Aos funcionários das fazendas do experimento, funcionários do Hospital Veterinário, alunos de iniciação científica, estagiários, residentes de reprodução e técnicos de laboratório, que tornaram possível a execução do trabalho, pela amizade e pelo trabalho insubstituível que estes exerceram.

Aos Professores do Mestrado em Ciência Animal, pelo conhecimento passado, dedicação e paciência.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Chacur, grande amigo, pelas conversas, vivência, amizade, paciência, amparo, conselhos e claro sua orientação. Muito obrigado Professor levarei tudo isto para toda a vida!

Aos amigos que fiz em Presidente Prudente e aos que ficaram em minha cidade natal, pelo apoio, momentos de descontração e por fazerem a estada aqui como os retornos ao lar muito mais agradáveis.

Agradeço todos que fizeram e fazem parte da minha caminhada profissional tendo cada um uma importância única.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos
de que as grandes coisas do homem foram conquistadas
do que parecia impossível.”*

(Charles Chaplin)

RESUMO

Termografia Digital por Infravermelho do Escroto e Qualidade do Sêmen em Touros Nelore (*Bos taurus indicus*)

A eficiência reprodutiva é um dos fatores determinantes para melhorar os índices zootécnicos da pecuária de corte. A contribuição do touro para a eficiência reprodutiva do rebanho é de grande importância. Os testículos bovinos devem ser mantidos abaixo da temperatura corporal central, para a produção de espermatozoides morfolologicamente viáveis, normais. A termorregulação escrotal e testicular é um sistema de manutenção da temperatura fisiológica dos testículos. A termografia infravermelha é uma técnica não invasiva que é utilizada para medir a temperatura da superfície escrotal em touros. O objetivo deste trabalho, foi de estudar a relação da temperatura do escroto sobre a qualidade seminal pelo uso da termografia por infravermelho em touros Nelore criados extensivamente. Foram utilizados 6 touros Nelore realizando-se termografia escrotal e colheita de sêmen a cada 10 dias, totalizando 36 ejaculados. Os dados climáticos foram coletados por meio de globo termômetro. Os termogramas do escroto foram obtidos por meio de termografia digital de infravermelho e analisados por meio de software para as temperaturas da superfície escrotal, dos lados direito e esquerdo, colo do escroto, terços dorsal, médio, e ventral dos testículos e cauda do epidídimo. Efetuou-se colheitas de sêmen, por meio de eletroejaculação para análise das características quantitativas e qualitativas. Para os dados, utilizou-se análise de variância e posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5%, e correlação linear de Pearson. Houve correlação positiva entre motilidade espermática e as temperaturas do escroto; entre concentração, e as temperaturas do escroto; entre os fatores climáticos e temperatura retal. Houve correlação negativa entre temperatura ambiente e concentração espermática ($p < 0,05$). Não houve correlação entre os dados climáticos, e as temperaturas do escroto e entre temperatura retal e as temperaturas do escroto. Concluiu-se que as temperaturas da superfície do escroto e os fatores climáticos, temperatura e umidade do ar, influenciaram na qualidade do sêmen. A termografia é recomendada como exame complementar na avaliação reprodutiva de touros.

Palavras-chave: fatores climáticos, termograma escrotal, touro zebu, sêmen.

ABSTRACT

Scrotum Digital Infrared Thermography and Semen Quality in Nelore bulls (*Bos taurus indicus*)

Reproductive efficiency is one of factors for improving livestock production indices cutting factors. The contribution of the bull to the reproductive efficiency of the herd is of great importance. Bovine testes should be kept below the core body temperature for the production of morphologically viable, normal sperm. The scrotal and testicular thermoregulation is a system for maintaining the physiological temperature of the testicles. Infrared thermography is a noninvasive technique that is used to measure the surface temperature of the scrotum bulls. The objective of this work was to study the relationship of scrotal temperature on semen quality by use of infrared thermography in Nelore bulls bred extensively. 6 Nelore by performing scrotal thermography and semen collection every 10 days were used, totaling 36 ejaculates. Climatic data were collected through globe thermometer. The thermograms of the scrotum were obtained by digital infrared thermography and analyzed by software to the scrotal surface temperatures, the right and left sides, neck of the scrotum, dorsal thirds, middle, and ventral of the testes and cauda epididymis. We conducted ejaculates through electroejaculation for analysis of quantitative and qualitative characteristics. For the data, we used analysis of variance and subsequently applied the Tukey test at 5%, and Pearson correlation. There was a positive correlation between sperm motility and the temperatures of the scrotum; between concentration and temperature of the scrotum; between climatic factors and rectal temperature. There was a negative correlation between temperature and sperm concentration ($p < 0.05$). There was no correlation between the climatic data, and temperatures between the scrotum and rectal temperature and temperature of the scrotum. It was concluded that the surface temperatures of the scrotum and climatic factors, temperature and humidity, influence the quality of semen. Thermography is recommended as a complementary test in the evaluation of reproductive bulls.

Keywords: climatic factors, scrotal thermogram, zebu bull, semen.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Coloração e Aspecto do Sêmen.....	12
2.2 Volume do Ejaculado	12
2.3 Motilidade Espermática Progressiva.....	13
2.4 Vigor Espermático.....	14
2.5 Turbilhonamento Espermático.....	14
2.6 Concentração Espermática	15
2.7 Morfologia Espermática.....	15
2.8 Perímetro Escrotal	16
2.9 Testosterona.....	17
2.10 Termorregulação Testicular	18
2.11 Termografia Escrotal Superficial	22
REFERÊNCIAS.....	25
Termografia digital por infravermelho do escroto e qualidade do sêmen em touros Nelore (<i>Bos taurus indicus</i>)	31
ANEXO	48

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o rebanho bovino é constituído, na sua maioria, por raças indianas (*Bos taurus indicus*) e seus mestiços, com predominância do grupamento genético Nelore. Em termos quantitativos, possui cerca de 180 milhões de cabeças, sendo, portanto, o maior rebanho comercial do mundo (FAO, 2005). Mas, qualitativamente, apresenta índices zootécnicos baixos, com cerca de 50% de taxa de natalidade e baixa produtividade, implicando em menor taxa de desfrute. Conseqüentemente são alcançados piores resultados em relação à unidade animal abatida por unidade existente, refletindo negativamente na taxa de crescimento do efetivo nacional (FONSECA, 2003).

Nesse contexto, a eficiência reprodutiva é um dos fatores determinantes para melhorar os índices zootécnicos da pecuária de corte. Por isso, pesquisas sobre métodos de avaliação da capacidade reprodutiva dos animais e realização de práticas de manejo adequadas têm sido progressivamente requisitadas pelo setor pecuário, principalmente quando se considera seu desafio diante da concorrência com países desenvolvidos, na área da produção animal (FONSECA, 2003).

O espermograma e avaliação física do sêmen, além das avaliações dos órgãos genitais e dos aspectos clínicos gerais, são partes integrantes do exame andrológico utilizado na aferição da capacidade ou aptidão reprodutiva de touros (FONSECA; BERGMANN; FRANCO, 1997; KEALEY et al., 2006). Söderquist et al. (1996) verificou que tanto a motilidade progressiva retilínea, quanto a morfologia espermática possuíram significativas correlações com a fertilidade de touros. Rege et al. (2000) relataram que o conhecimento do perfil quantitativo e qualitativo da produção seminal de reprodutores, dotados de alta fertilidade e superiores geneticamente, são importantes no incremento da fertilidade geral do rebanho.

.Manter certa temperatura dentro dos testículos do touro é essencial para a produção de esperma normal. Têm sido relatados os efeitos adversos da temperatura testicular elevada na produção de esperma, na qualidade do sêmen e na fertilidade masculina subsequente. Por esta razão, prevê-se que a capacidade de monitorar a temperatura escrotal / testicular contribui para a nossa compreensão e avaliação da função reprodutiva do animal (COULTER; SERENGER; BAILEY, 1988).

A termografia infravermelha é uma tecnologia de fornecimento não invasiva de uma imagem de emissões infravermelhas de um dado objeto, que permite uma estimativa da temperatura da superfície do referido objeto, com uma precisão de 0,1 °C. Para efeitos de obtenção de um termograma, um scanner localizado a cerca de um metro do escroto do touro se torna energia eletromagnética infravermelha em sinais de vídeo eletrônicos. Estes sinais são amplificados e apresentados como uma imagem (COULTER, KASTELIC 1994).

As alterações climáticas e individuais dos touros podem levar a uma alteração da termorregulação que pode acarretar em uma queda da qualidade seminal por prejudicar a espermatogênese, acarretando em perda econômica através de menor taxa de prenhez com subsequente menor taxa de parto. São escassos os estudos da influência do clima sobre a fertilidade de touros zebuínos em países de clima tropical. Desta forma se faz importante estudar a correlação entre termografia superficial escrotal, características do sêmen e fatores climáticos em touros Nelore criados extensivamente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A seleção de touros pela qualidade do sêmen é um fator muito importante para se obter progresso genético e maior produtividade do rebanho (HÁMORI, 1983). A avaliação da capacidade reprodutiva do macho somente se completa com o exame andrológico. O método de obtenção do sêmen deve ser eficiente para que não haja contaminação, e de boa qualidade para a avaliação do animal, além disso, deve ser de fácil repetitividade e sem prejuízo para o touro, (EMBRAPA GADO DE CORTE, 1993).

O aparelho genital masculino é constituído pelo pênis, epidídimo, órgãos acessórios (ducto deferente, vesículas seminais, próstata, glândulas bulbouretrais e uretra masculina) e testículos (FRANDSON, 1976; SISSON, 1986).

O aparelho reprodutor masculino tem por finalidade a produção de sêmen e hormônio sexual, sendo este último responsável também pelas características sexuais secundárias masculinas (MIES FILHO, 1987; HAFEZ; HAFEZ, 2004; KÖNIG; LIEBICH, 2004). Tais secreções são dependentes de secreções neuroendócrinas reguladas pelo hipotálamo, que envolvem também aspectos anatômicos e eventos celulares que determinam funções específicas como a espermatogênica (MIES FILHO, 1987; HAFEZ; HAFEZ, 2004).

O sêmen é um líquido ou uma suspensão celular líquida contendo espermatozoides (gametas masculinos) e secreções dos órgãos acessórios do trato genital masculino (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Os espermatozoides são formados dentro dos túbulos seminíferos no testículo, as espermatídes produzidas ao final da espermatogênese são liberadas durante a espermição dentro da luz dos túbulos seminíferos como células imaturas (YOUNGQUIST, 1997). As espermatogônias transformam-se em espermatócito primário sofrendo a meiose I e reduzindo o conteúdo de DNA, o espermatócito secundário sofre meiose II, as espermatídes são diferenciadas em espermatozoides (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

As características genéticas associadas à eficiência reprodutiva dos machos são necessárias, para auxiliar na identificação dos animais aptos à reprodução e geneticamente superiores. Os aspectos qualitativos e quantitativos do sêmen dos bovinos também têm sido objeto de estudo, sendo importante conhecer a

magnitude do componente genético aditivo, associado a essas características reprodutivas e a suas inter-relações (SARREIRO, 2002).

Vários fatores influenciam na qualidade espermática e fertilidade dos touros, como fotoperíodo, temperatura, nutrição, sistema endócrino, individualmente ou inter-relacionados, dentro das variações estacionais, provocando conseqüentemente, alterações na atividade sexual do macho (FIELDS, 1979).

As características do sêmen, normalmente consideradas para se avaliar a qualidade do mesmo, são os seus aspectos físicos: volume, turbilhonamento, motilidade, vigor e concentração; e morfológicos: defeitos maiores, menores e totais (BARBOSA et al., 1992). Segundo Sarreiro (2002) as características seminais apresentam estimativa de herdabilidade inferiores às descritas na literatura, revelando pequenas magnitudes de variância genética aditiva em relação à residual. As características seminais são, em geral, muito influenciadas por fatores do ambiente. As estimativas dos erros-padrões para as características seminais como perímetro escrotal, libido, motilidade, vigor, concentração e taxa de anormalidades podem ser elevadas.

2.1 Coloração e Aspecto do Sêmen

As avaliações da coloração e do aspecto do sêmen são realizadas macroscopicamente e a aparência depende fundamentalmente da concentração de espermatozoides. A coloração encontrada pode variar entre: branca, esbranquiçada, marfim ou amarelada. A coloração do sêmen deve ser observada ao longo do exame andrológico, pois alterações da mesma podem ser indicativas da presença de elementos não desejados, como sangue (coloração avermelhada), urina e pus (coloração avermelhada, esverdeada ou amarelada) (CHACUR, 1999). Chacur (2006) descreveu que, em seu estudo, não houve diferença significativa entre cor, motilidade, vigor e concentração e que a média das cores encontradas varia de branco marmóreo a branco translúcido.

2.2 Volume do Ejaculado

A avaliação do volume dos ejaculados é uma parte importante do exame andrológico, com média entre cinco e 12 mL (HAFEZ; HAFEZ, 2004). Não

existe um limite mínimo e máximo para o volume, uma vez que este depende, muitas vezes, do método de colheita. Entretanto, apesar dessas variações, que podem ser amplas, essa característica não deve fugir muito à média estabelecida para sua espécie que é de 5,5 mL (MIES FILHO, 1987). Martinez et al. (2000) obteve em seus estudos um volume de 12 mL, volume este superior ao descrito por Silva (2002), de foi de quatro mL, e de Chacur (2006), de 5-6 mL, possivelmente estas diferenças são devidas ao método de colheita utilizado.

O volume pode variar, conforme o método de colheita, de 2 a 6 mL, por meio da vagina artificial, até 25 ml na eletroejaculação, em zebuínos. No entanto a variação depende, algumas vezes, do próprio animal, da eficiência da contração dos ductos deferentes e cauda do epidídimo, em resposta aos estímulos elétricos (GALLOWAY, 1979).

2.3 Motilidade Espermática Progressiva

A motilidade é expressa em porcentagem, conforme a proporção de espermatozoides que apresentam movimento, sendo uma avaliação subjetiva, que pode estar sujeita a variação na dependência do treinamento do Médico Veterinário. O valor deve expressar a porcentagem total de espermatozoides móveis. O exame é realizado em microscópio, preferencialmente binocular, com objetiva de 10 a 40X, utilizando lâmina coberta por lamínula, previamente aquecidas e mantidas a 37°C durante a avaliação (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1998).

A motilidade apresenta correlação com a fertilidade (SULLIVAN, 1970) e deve ser avaliada imediatamente após a colheita.

A motilidade progressiva é observada como parâmetro de avaliação da movimentação dos espermatozoides. O valor é expresso em porcentagem conforme a proporção de espermatozoides que apresentam motilidade progressiva. A motilidade é essencial para a fertilidade e o mínimo de motilidade aceita pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal para sêmen fresco é de 50% e sêmen congelado 30% (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1998).

A motilidade espermática é extremamente suscetível às condições ambientais, excesso de calor ou de frio, de modo que é necessário proteger o sêmen de condições ou agentes que possam prejudicar a análise (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

A motilidade sofre efeito de estacionalidade, seja ela representada pela temperatura, nutrição ou umidade relativa (SILVA; DODE, 1993). Sarreiro (2002) relata motilidade de 62,7% e Chacur, Martinez e Machado Neto (2006) relataram médias de $68,27 \pm 3,44\%$ no inverno e $61,11 \pm 24,72\%$ no verão em touros Limousin.

2.4 Vigor Espermático

O vigor espermático é um parâmetro de grande importância a ser avaliado nos ejaculados e representa a intensidade do movimento que acaba influenciando na motilidade progressiva dos espermatozoides (CHACUR, 1999). O vigor do espermatozoide é dado em uma escala de 0 a 5, que representa a intensidade de deslocamento da célula no campo do microscópio. O número representa a totalidade dos espermatozoides em movimento progressivo retilíneo, com a nota de 1 a 5, com todas as células imóveis, e 0 (zero) com ausência de espermatozoides (MIES FILHO, 1987).

2.5 Turbilhonamento Espermático

O turbilhonamento é a associação de quatro características físicas do sêmen: volume, concentração, motilidade e vigor. O sêmen pode ser de excelente concentração, porém, se, durante a colheita por métodos parafisiológicos, como a eletro ejaculação, houver um excesso de estímulo sobre as glândulas anexas, principalmente as vesiculares, essas contribuirão com um volume muito grande de suas secreções e, em consequência, os espermatozoides ficarão muito diluídos, diminuindo, assim, o turbilhonamento (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1998).

Para se avaliar o turbilhonamento, coloca-se uma gota de sêmen, recém-colhido, sobre uma lâmina previamente aquecida a 37°C e leva-se ao microscópio convencional, com aumento de 100 vezes. A interpretação é subjetiva (escore de 0 a 5) e exige treinamento para que esta característica seja corretamente avaliada (FONSECA et al., 1991).

2.6 Concentração Espermática

A concentração espermática obtida é dada pela quantidade de células no ejaculado e pode variar com o método de colheita (menor na eletroejaculação), com a nutrição, estações do ano, raça, indivíduo, estado psíquico, além de concentrações e patologias espermáticas (GALLOWAY 1979; DEDE; AKPOKODJE; ODITI, 1983).

Mensurada pela contagem dos espermatozoides, a concentração representa o número de espermatozoides por milímetro cúbico (mm³) (MIES FILHO, 1987).

A concentração sofre variações devido a fatores extrínsecos, como o método de colheita, tempo de repouso do reprodutor, e condicionamento, não sendo desclassificatório apesar da sua importância intrínseca. Em vista disto, para sêmen fresco, não existe limite mínimo de concentração, desejando-se que esteja na média da espécie (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1998).

Nos zebuínos a concentração normal é de 200 mil a 1,2 milhão de espermatozoides/ml, por meio do eletroejaculador; e 800 mil a 1,2 milhão de espermatozoides/ml com vagina artificial, segundo a Embrapa Gado de Corte (1993).

2.7 Morfologia Espermática

As características morfológicas de um espermatozoide bovino são representadas pela cabeça, acrossomo e a cauda com suas quatro divisões anatômicas:

- a) seções transversais da peça intermediária;
- b) seções transversais da peça principal;
- c) seções transversais da peça terminal e
- d) mostram o axonema central, duas fibras grossas externas, camada mitocondrial, e colunas longitudinais ventral e dorsal (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Para a avaliação das características morfológicas dos espermatozoides, poderão ser utilizados esfregaços corados ou preparação úmida,

em microscópio de contraste de fase ou de interferência diferencial, associados ou não (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1998).

O corante Panótico Rápido® demonstrou ser eficiente para a coloração de esfregaços de sêmen, possibilitando a identificação de alterações morfológicas nos espermatozoides, sendo uma técnica rápida e prática (CHACUR et al., 2004).

O limite máximo de defeitos totais é igual à soma de defeitos maiores e menores e este não pode ultrapassar 30 % no total (COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1998).

Os defeitos maiores ocorrem durante o processo da espermiogênese, portanto dentro dos testículos, atribuindo a estes defeitos os de cabeça, peça intermediária e cauda. Estes defeitos não podem ultrapassar 20% e, cada forma individual 5%, em caso contrário, a eficiência reprodutiva na monta natural estará comprometida (FONSECA et al., 1991).

Já os defeitos menores surgem após os espermatozoides terem deixado os testículos, conseqüentemente, durante sua passagem pelo epidídimo e ou durante a ejaculação ou manipulação do sêmen (FONSECA et al., 1991).

Chacur, Martinez e Machado Neto (2006) relatam médias para a raça Nelore para a morfologia espermática, nas variedades padrão e mocho, de 5,06% e 5,32% para os defeitos maiores; 9,91 e 8,36 para os defeitos menores; e, para os defeitos totais, 14,76% e 13,82%, respectivamente.

Segundo Velhankar (1969), a fertilidade do touro é dependente da porcentagem de células anormais no ejaculado. Por isso, a qualidade do sêmen é muito importante, para se conhecer a eficiência reprodutiva do touro.

2.8 Perímetro Escrotal

No processo de seleção de touros reprodutores, preocupando-se em aumentar a precisão desta seleção, além de serem feitas avaliações das medidas do aparelho reprodutor, como o perímetro escrotal ou circunferência escrotal e avaliações quanti-qualitativas do sêmen, o volume e a forma dos testículos também ocupam lugar de destaque neste processo (BALEY et al., 1998).

Programas de melhoramento genético enfatizam as características de desempenho ponderal, sendo a circunferência escrotal (CE) uma das poucas características reprodutivas que compõem os índices de seleção adotados (YOKOO

et al., 2007). Facilidade da medição, alta herdabilidade e correlação genética favorável com as características reprodutivas da fêmea aumentam a utilização desta característica em programas de seleção, visando o melhoramento da fertilidade do rebanho.

O tamanho dos testículos está diretamente relacionado com a capacidade de produção espermática. Touros com testículos mais desenvolvidos apresentam maior volume e maior concentração espermática no ejaculado, podendo cobrir maior número de fêmeas ou produzir maior número de doses de sêmen quando em rotina de colheita e congelação (BARBOSA, 2012).

Gressler et al. (2000) indicam que a seleção de touros com maior perímetro escrotal, aos 12 meses de idade, está associada aos maiores níveis de hormônios gonadotróficos, culminando com o início da puberdade; transmitindo para fêmeas e no início da atividade reprodutiva das fêmeas concepções mais precoces na primeira estação de monta e conseqüentemente antecipação do primeiro parto.

2.9 Testosterona

A testosterona é um andrógeno produzido no testículo nas células intersticiais, também denominadas “células de Leydig” situadas entre os túbulos seminíferos (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

A testosterona é o hormônio responsável pela manutenção das características sexuais secundárias, tanto físicas, quanto anatômicas que são singulares aos machos. A função mais visível dos andrógenos é a manutenção do impulso sexual que é totalmente dependente desse hormônio. Fisiologicamente os andrógenos são requeridos para uma espermatogênese normal (MIES FILHO, 1987), e são também necessários para manter a estrutura e função das glândulas sexuais acessórias. Os andrógenos também possuem efeitos anabólicos proteicos, que promovem retenção de nitrogênio e aumento do número e espessura das fibras musculares (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

A testosterona é necessária para a manutenção da capacidade de serviço (BLOCKY, 1978), e segundo Barbosa (1992) existe uma correlação positiva entre capacidade de serviço e concentrações séricas de testosterona. Por outro lado Santos (2003) não observou correlação entre as concentrações séricas de testosterona e a libido de touros da raça Nelore.

2.10 Termorregulação Testicular

Tem sido bem estabelecido que, em animais com escrotos, os testículos devem estar de 2-6°C mais frios que a temperatura abdominal. No entanto, os gradientes de temperatura ao longo do escroto, testículos e epidídimo não foram claramente elucidados. Num estudo, utilizando um touro maduro, a temperatura intratesticular, no centro do testículo variou entre 34,3-34,8 °C (RIEMERSCHMID; QUINLAN, 1941).

Elevadas temperaturas ambiente estão associadas com a qualidade do sémen reduzida (BARTH; OKO, 1989; COULTER, 1988) e deficiente produção de testosterona (KASTELIC; COULTER, 1993).

O escroto, os testículos, e a vascularização testicular tem papel na manutenção da temperatura abaixo da temperatura corporal central, o que é essencial para a espermatogênese normal no touro (SETCHELL, 1978; COULTER; KASTELIC, 1994).

A termorregulação escrotal e testicular é um sistema de manutenção a temperatura fisiológica dos testículos. Mecanismos locais como a troca de calor por contracorrente, regulação do fluxo sanguíneo, posição dos testículos e sudorese, desempenham um papel importante na manutenção da temperatura testicular (KASTELIC; COOK, COULTER, 1997; GABALDI; WOLF, 2002). Esta condição é essencial para que ocorra uma espermatogênese normal (RODRIGUES, 2004).

A termorregulação escrotal é um fenômeno complexo que depende, entre outros fatores, da temperatura e umidade ambiental, da temperatura corporal, da postura do animal, da variação anatômica escrotal e da condição corporal do animal, o escroto tem alguns importantes mecanismos que facilitam sua termorregulação. Sua posição extracavitária e pendular facilita a dissipação do calor e permite que os testículos sejam afastados da cavidade abdominal (CAMPANILE et al., 2006).

O escroto é aparentemente vascularizado a partir do topo para o fundo. Por outro lado, os cursos de artérias testiculares o comprimento do testículo do pólo ventral e depois diverge em várias artérias menores que se espalham dorsalmente e lateralmente ao longo da superfície do testículo antes de entrar no parênquima testicular. O gradiente de temperatura negativa dentro dos testículos pode ser

atribuído ao sangue no interior da artéria testicular ramificadas ser arrefecido entre a parte inferior do testículo e o ponto de entrada no parênquima testicular (GUNN; GOULD, 1975).

A organização geral do suprimento sanguíneo dos órgãos genitais masculinos é essencial para a termorregulação e ocorrem variações individuais (MEIJER; FENTENER VAN VLISSINGEN, 1993).

Uma disposição especial existe no touro entre a artéria e a veia testicular. No curso distal do cordão espermático, a artéria testicular começa enovelar-se fortemente, sendo circundada por uma fina rede da veia testicular. Esta malha venosa, também chamada de plexo pampiniforme, proporciona uma grande superfície de contato e um sistema de trocas térmicas contracorrentes entre artéria e veia (SETCHELL, 1998). A eficiência da transferência de calor através desse mecanismo é de 91%. Essa troca de calor depende muito da diferença de temperatura entre artéria e veia, ou seja, da temperatura corporal e do testículo, respectivamente (GABALDI; WOLF, 2002).

As variações na morfologia do cone vascular, um local importante de transferência de calor entre o sangue arterial e venoso dos testículos, pode influenciar a temperatura do sangue arterial que atinge os testículos. Na verdade, a morfologia do cone vascular foi associada com a temperatura escrotal, qualidade do sêmen, e produção de espermatozoides de touros (COOK; COULTER; KASTELIC, 1994).

De acordo com Cook, Coulter e Kastelic (1994), a espessura da parede da artéria testicular e a distância a partir da parede da artéria com o lúmen da veia próxima do cone vascular diminuiu com a proximidade do testículo. A redução da distância entre o sangue arterial quente e o sangue venoso fresco pode facilitar a transferência de calor para compensar a redução gradual da temperatura do gradiente arteriovenoso que ocorre à medida que o sangue flui através do cone vascular, uma vez que o gradiente de temperatura é o principal determinante de transferência de calor por contracorrente.

O pescoço do escroto é um local importante tanto para o mecanismo de contracorrente de troca de calor e radiação de calor (COOK; COULTER; KASTELIC, 1994). Além do mecanismo de contracorrente o calor é perdido substancialmente por radiação a partir da superfície que cobre o cone escrotal

testicular vascular, o que é a zona mais quente do escroto (COULTER; SERENGER; BAILEY, 1988).

As características morfológicas que podem influenciar a termorregulação testicular, a qualidade do sêmen, e sua produção e incluem a pendulosidade escrotal, o que afeta a distância que os testículos são mantidos fora do corpo e a perda de calor por irradiação a partir da região do cone vascular (COULTER; KASTELIC, 1994), e tem sido associada com a probabilidade de passar por uma avaliação padrão de reprodução (MAPLETOFET et al., 1996) e com a morfologia dos espermatozoides (BRITO et al., 2002).

O escroto penduloso aumenta a área de superfície que facilita a exposição do cone vascular ao meio ambiente e permite que os testículos fiquem distantes do corpo do animal. A pele escrotal é fina, falha em gordura subcutânea, relativamente sem pelos, dotada de grandes glândulas sudoríparas (GABALDI; WOLF, 2002; HAFEZ; HAFEZ, 2004). O músculo cremáster e a túnica dartos, cuja ação é comandada por nervos simpáticos lombares, relaxam e contraem, afastando ou aproximando os testículos da área inguino-abdominal, posicionando-os em resposta a temperatura do meio ambiente, o que facilita a preservação do gradiente de temperatura abdominotesticular (BLANCHARD et al., 1992; KASTELIC et al., 2001; GABALDI; WOLF, 2002).

O músculo cremáster se contrai para aproximar os testículos do corpo em situações de frio. No entanto, infelizmente a túnica dartos é um músculo estriado e, portanto, não sustenta a contração por muito tempo (KASTELIC et al., 2001). Existe uma extensa rede de micro-vasos sanguíneos e linfáticos localizados superficialmente, facilitando a transferência de calor por irradiação e evaporação. A musculatura lisa nas arteríolas cutâneas do escroto é inervada por neurônios simpáticos e a estimulação destes causa vasoconstrição. Assim, aumentos na temperatura escrotal causam dilatação dessas arteríolas por ação direta na remoção da vasoconstrição simpática. A sudorese é uma perda de calor importante dada pelo escroto, graças a grande quantidade de glândulas sudoríparas presentes (KASTELIC et al., 2001; GABALDI; WOLF, 2002).

O aumento da temperatura nos testículos causa a degeneração testicular, alterando suas funções de espermatogênese e esteroidogênese (BLANCHARD et al., 1992).

O resultado da elevação da temperatura testicular é um aumento do metabolismo e da demanda de oxigênio testicular, mas o fluxo sanguíneo testicular é limitado e este aumento da demanda não pode ser fornecido, resultando em hipóxia, a geração de espécies reativas de oxigênio, e deterioração da qualidade do sêmen (SETCHELL, 1978). A temperatura testicular é mantida dentro dos limites ideais de complexos mecanismos fisiológicos envolvendo o escroto, o cone vascular testicular e os testículos. Portanto, as variações entre os touros na morfologia destas estruturas podem afetar a capacidade de termorregulação testicular e influencia na produção e qualidade do sêmen (SETCHELL, 1998; GABALDI; WOLF, 2002).

Períodos relativamente curtos de alta temperatura e umidade podem provocar significantes aumentos de espermatozoides anormais em touros, carneiros e cachacos (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Segundo Kastelic et al. (2001), uma moderada elevação na temperatura testicular em touros submetidos à insulação escrotal reduz drasticamente a produção espermática, a motilidade progressiva, a quantidade de espermatozoides vivos por ejaculado e aumenta a porcentagem de espermatozoides morfologicamente anormais. Taylor et al. (1985) citam que a habilidade de touros para produção de sêmen está na dependência da interação ambiente – espermatogênese

As alterações seminais são ocasionadas, entre muitos fatores, por qualquer processo que determine a elevação da temperatura dos testículos, como, por exemplo, a dermatite escrotal, o excesso de gordura escrotal, edema, periorquite e elevação da temperatura ambiente com conseqüente estresse térmico (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). Segundo Skinner e Louw (1966), a temperatura ambiente crítica para prejuízo da espermatogênese está entre 27°C e 32°C, e exposições contínuas a temperaturas excedendo os 30°C podem determinar marcante efeito negativo sobre a produção espermática.

As patologias espermáticas características do ejaculado em uma degeneração testicular são a presença de células descamativas, de espermátides, núcleos picnóticos e formação de células gigantes e medusas. Há alta incidência de anomalias de cabeça, como piriforme, estreita na base, subdesenvolvida, contorno anormal e pequena, patologias de acrossomo, de cauda e gota citoplasmática proximal e distal. (GABALDI, 2000).

Durante os meses mais quentes do ano, os bovinos apresentam uma redução no desempenho reprodutivo devido ao estresse térmico. Em situações de temperatura ambiente elevada, a temperatura corporal é mantida pelo aumento da vasodilatação periférica, da sudorese e da frequência respiratória, permitindo a perda de calor corporal. No entanto, os mecanismos fisiológicos da termorregulação são limitados e quando não suficientes, resultam em hipertermia, causando estresse térmico. A consequência da exposição dos testículos a altas temperaturas ambientais é a redução da libido, da qualidade seminal e da fertilidade (VANDEMARK; FREE, 1970; RHINES; EWING, 1973).

A degeneração testicular pode ser temporária ou permanente, sua dimensão depende do tipo, severidade e duração do insulto térmico. Na maioria dos estudos de revisão, a morfologia espermática retorna aos valores obtidos no pré-tratamento com aproximadamente 6 semanas após o insulto térmico. Injúrias térmicas severas no testículo, ou por período muito prolongado, provocam um retardo na recuperação do mesmo (GABALDI, 2000).

2.11 Termografia Escrotal Superficial

Imagem térmica infravermelha digital é uma técnica de diagnóstica não invasiva que é usada para detectar simetria e assimetria da temperatura da superfície. A temperatura da pele mantém-se 5 °C abaixo núcleo do corpo, como o calor é dissipado através de frequência da pele por meio de evaporação e de outros meios (ADAMS et al., 1980) para equilibrar a temperatura interna e externa. Portanto, a imagem térmica é a técnica mais eficiente e não invasiva para o estudo da distribuição da temperatura através da medição bilateral dos locais anatômicos e identificação das significativas diferenças entre imagens térmicas (MEDICAL MONITORING SYSTEMS PTY, 1999). A superfície da pele é um radiador altamente eficiente e é possível detectar emissões de infravermelhos a partir da pele e criar um mapa térmico da distribuição de temperatura por meios não invasivos (PUROHIT et al., 1985). As variações na temperatura da pele são resultado das mudanças na perfusão tecidual e fluxo de sangue (WINSOR, 1971), e porque existe um elevado grau de simetria térmica no corpo normal, temperatura anormal e sutil assimetria podem ser facilmente identificados e podem incidir anormalidades subjacentes ou alterações na fisiologia (PUROHIT et al., 1985).

Em bovinos, a imagem térmica infravermelha foi aplicada no diagnóstico de problemas de pés e pernas (SCHMIDT et al., 2003), por avaliar a fertilidade em touros e carneiros (PUROHIT et al. 1985; KASTELIC; COULTER; COOK, 1995; COULTER; SERENGER; BAILEY, 1988), por caracterizar as respostas de carcaça para o congelamento (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN; STOOKEY, 1997), para a carga de monitoramento de calor em produtos lácteos (WHITE et al., 2006).

Como não precisa de nenhum contato da pele com escroto para medir a temperatura da superfície com o termografia por infravermelho, e como esta temperatura está diretamente relacionada com a temperatura das estruturas internas, a tecnologia de termografia vai reforçar a capacidade de melhorar a compreensão de termorregulação testicular e função escrotal e testicular (COULTER; SERENGER; BAILEY, 1988).

Termogramas infravermelhos do escroto de touros com termorregulação escrotal / testicular aparentemente normal tem da esquerda para a direita simetria e uma diminuição na temperatura a partir do topo do testículo para a parte inferior (COULTER; SERENGER; BAILEY, 1988; PUROHIT et al., 1985, WOLFE et al., 1985). Padrões de temperatura mais aleatórias, muitas vezes falta de simetria da esquerda para a direita, áreas localizadas com aumento de temperatura ("pontos quentes") se acredita ser um indicativo de termorregulação anormal dos testículos subjacentes ou epidídimos, estes touros geralmente tem qualidade seminal pobre (COULTER; SERENGER; BAILEY, 1988).

A compreensão de fatores ambientais que afetam a medição da temperatura da superfície escrotal com a termografia infravermelha permite que o operador obtenha resultados válidos sob uma ampla gama de condições. As medições podem ser realizadas a qualquer hora do dia, mas deve ser executada antes da alimentação e, pelo menos, 1 h depois de ter subido (KASTELIC; COOK; COULTER, 1996).

A técnica é suficientemente robusta para que as avaliações válidas possam ser feitas em condições de campo, em especial se os animais não tiverem sido recentemente alimentados ou deitados, e se não se verificou uma alteração significativa na temperatura ambiente (KASTELIC; COOK; COULTER, 1996).

Num estudo de Kastelic, Cook e Coulter (1996) mostrou que a variação foi de apenas 1,3°C em um ambiente com temperatura de 25°C. Independentemente

disso, recomenda-se que estes exames sejam conduzidos em temperaturas moderadas entre 10 e 20°C, e também foi mostrado que a temperatura escrotal superficial foi mais lábil na parte inferior do escroto do que no topo.

Lunstra e Coulter (1997) informaram que a termografia infravermelha do escroto se mostrou promissora para prever a qualidade do sêmen e fertilidade do touro. Demonstrou que em touros de corte de sobreano a concentração espermática foi melhor quando o gradiente térmico foi entre 1,8 e 3°C, e era mais pobre quando o gradiente foi menor do que 1,2°C.

Não é todo touro com sêmen de má qualidade que teve um termograma anormal. Em touros com orquite unilateral, a temperatura da superfície do escroto foi maior nos testículos afetados em comparação com o outro testículo (PUROHIT et al., 1985).

A termografia por infravermelho tem sido utilizada como um adjuvante para o exame padrão de reprodução. Trinta touros de carne satisfatórios em um exame padrão de reprodução foram expostos individualmente a aproximadamente 18 novilhas para um período de reprodução de 45 dias. Para os touros com um padrão de temperatura da superfície escrotal, que foi classificado como normal ou questionáveis, as taxas de prenhez, 80 dias após o final da estação de monta foi semelhante (83 vs 85%), mas foi maior que as taxas de prenhez para os touros com um padrão de temperatura escrotal superfície anormal (68%) (LUNSTRA; COULTER, 1997).

REFERÊNCIAS

- ADAMS T. et al. Thermodynamic techniques for the quantification of regional blood flow. **American Journal of Physiology**, v. 238, p. 682–696, 1980.
- BALEY, T. L.. et al. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology**, v. 49, n. 10, p. 581-598, 1998.
- BARBOSA, R. T. et al. Concentrações plasmáticas e sua relação com características reprodutivas em touros das raças Canchim e Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 16, n. 3, p. 1-11, 1992.
- BARBOSA, R. T. **Criação de bovinos de corte na região sudeste**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteRegiaoSudeste/reproducao.htm>. Acesso em: 01 jul. 2012.
- BARTH, A. D.; OKO, R. J. **Abnormal morphology of bovine spermatozoa**. Ames: Iowa State University Press, 1989. 285 p.
- BLANCHARD, T. L. et al. The causes and pathologic changes of testicular degeneration in large animals. **Veterinary Medicine**, v. 86, p. 531-6, 1992.
- BLOCKEY, M. A. B. The influence of serving capacity of bulls on herd fertility. **Journal of Animal Science**, v. 46, p. 578-595, 1978.
- BRITO L. F. C. et al. Effect of age and genetic group on characteristics of the scrotum, testes and testicular vascular cones, and on sperm production and semen quality in AI bulls in Brazil. **Theriogenology**, v. 58, p. 1175–86, 2002.
- CAMPANILE, G. et al. Relationship of body condition score and blood urea and ammonia to pregnancy in Italian Mediterranean buffaloes. **Reproduction Nutrition and Development**, v. 46, p. 57–62, 2006.
- CHACUR, M. G. M. **Estresse térmico em touros Bufalinos *Bubalus Bubalis* avaliações das características fisiológicas da reprodução**. 1999. Tese (Doutorado) -- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CHACUR, M. G. M. et al. Fertility selection in bulls and seminal plasma proteins, spermatic evaluation correlation. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 27, n. 2, p. 185-186, 2003.
- CHACUR, M. G. M. et al. Season influence u seminal plasma proteins in bulls. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ANIMAL REPRODUCTION, Porto Seguro. **Proceedings...** Porto Seguro: [S.n.], 2004. v. 1, p. 236.
- CHACUR, M. G. M; MARTINEZ, A. I. S; MACHADO NETO, N. B. Perfil em SDS-PAGE do plasma seminal e sua relação com a qualidade do sêmen de touros da

raça Nelore *Bos taurus indicus*. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 12, n. 1, p. 87-93, 2006.

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

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**, v. 41, p. 653, 1994.

COULTER, G. H.; KASTELIC, J. P. Testicular thermoregulation in bulls. In: TECH. CONF. ARTIFIC. INSEM. REPROD., 15., Milwaukee, WI. **Proceedings...** Columbia: National Association of Animal Breeders, 1994. p. 1-14.

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.

DEDE, T. I.; AKPOKODJE, J. U.; ODITI, P. I. Seminal characteristics and libido of Holtstein/Friesien bulls raised in a tropical environment. **Trop. Vet.**, v. 1, p. 77-84, 1983.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **Capacidade reprodutiva do touro de corte**.

Disponível em:

<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc51/03avaliacaocapacidade.html>.

Acesso em: 15 maio 2014.

FAO. **Faostat**: agriculture data. Disponível em: <Http://apps.fao.org/cgi-gin/nph-db.pl?subset=agriculture/2005>. Acesso em: 15 maio 2014.

FIELDS, M. J. Age, season and breed effect of testicular volume and semen traits in young beef bull. **Journal of Animal Science**, London, v. 48, n. 6, p. 1299-1304, 1979.

FONSECA, O. F. et al. **Procedimentos para exame andrológico e avaliação do sêmen**. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1991. 79 p.

FONSECA, V. O. Manejo reprodutivo em gado de corte. In: MARQUES, D. C. **Criação de bovinos**. 7. ed. atual. ampl. Belo Horizonte: CVP, 2003. p. 286-295.

FONSECA, V. O.; BERGMANN, J. A. G.; FRANCO, C. S. Potencial reprodutivo de touros da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) acasalados com elevado número de vacas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 49, p. 53-62, 1997.

FRANDSON, R. D. **Anatomia y fisiologia de los animales domésticos**. [S.l.]: Interamericana, 1976. 428 p.

GABALDI, S. H. **Alterações espermáticas e dos níveis plasmáticos de testosterona e cortisol em touros da raça Nelore, submetidos à insulação escrotal**. 2000. 85 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) -- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GABALDI, S. H.; WOLF, A. A importância da termorregulação testicular na qualidade do sêmen em touros. **Ciência Agrária e Saúde**, Andradina, v. 2, n. 2, p. 66-70, jul./dez. 2002.

GALLOWAY, D. B. **Fatores que afetam a fertilidade bovina**. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1979.

GRESSLER, S. L. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 427-437, 2000.

GROSSMAN, J. R. **Anatomia dos animais domésticos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. v.1, p. 879–895.

GUNN, S. A.; GOULD, T. C. Vasculature of the testes and adnexa. In: **Handbook of Physiology**. Washington, DC: American Physiological Society, 1975. v. 5, Section 7, p. 117- 142.

HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução animal**. 7.ed. São Paulo: Manole, 2004. p. 3-12.

HAMORI, D. **Constitutional disorders and hereditary diseases in domestic animals**. New York: Elsevier, 1983. 728 p.

KASTELIC, J. et al. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. **Canadian Journal of Veterinary Research**, Ottawa, n. 65, p. 111-115, 2001.

KASTELIC, J. P., COOK, R. B., COULTER, G. H. Insulation the scrotal neck affects semen quality and scrotal/testicular temperatures in the bull. **Theriogenology**, v. 45, p. 935, 1996.

KASTELIC, J. P., COULTER, G. H., COOK, R. B. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular and intraepidymal temperatures in bulls. **Theriogenology**, v. 44, p. 147-52, 1995.

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; COULTER, G. H. Contribution of the scrotum, testes and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. **Animal Reproduction Science**, v. 45, p. 255-261, 1997.

KASTELIC, J. P.; COULTER, G. H. Scrotal and testicular thermoregulation in the bull and ram. **Theriogenology** – Proc. Annual Meeting, Florida, p. 67-72, 1993.

KEALEY, C. G. et al. Genetic parameter estimates for scrotal circumference and semen characteristics of Line 1 Hereford bulls. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 283-290, 2006.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos animais domésticos**: texto e atlas colorido. Porto Alegre: Artmed, 2004. v. 2, p. 205-206.

LUNSTRA, D. D.; COULTER, G. H. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural mating fertility in beef bulls. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 767-774, 1997.

MAPLETOFT, R. J. et al. Manejo y seleccion de toros de carne. In: **Proceedings of the Second International Symposium on Animal Reproduction**. [S.I.]: University of Cordoba, 1996. p. 225-242.

MARTINEZ, L. M. et al. Correlações entre características da qualidade do sêmen e circunferência escrotal de reprodutores da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 1-15, jun. 2000.

MEDICAL MONITORING SYSTEMS PTY. **Operating Instructions for the vet2000 and manual of equine thermography**. [S.I.]: Meditherm, 1999.

MEIJER, J. C.; FENTENER VAN VLISSINGEN, J. M. Gross structure and development of reproductive organs. In: KING, G. J. **Reproduction in domesticated animals**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1993. p. 9-26.

MIES FILHO, A. **Reprodução dos animais**. 6.ed. Porto Alegre: Ed. Porto Alegre-RS, 1987.

NASCIMENTO, E. F, SANTOS, R. L. **Patologia da reprodução dos animais domésticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 137 p.

PUROHIT, R. C. et al. Thermography of the bovine scrotum. **American Journal of Veterinary Research**, v. 46, p. 2388-2392, 1985.

REGE, J. E. O. et al. Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep II. Genetic parameters of semen characteristics and their relationships with testicular measurements in ram lambs. **Small Ruminant Research**, v. 37, p. 173-187, 2000.

RHINES, W. E.; EWING, L. L. Testicular endocrine function in Hereford bulls exposed to high ambient temperature. **Endocrinology**, v. 92, n. 2; p. 509-515, 1973.

RIEMERSCHMID, G.; QUINLAN, J. Further observations on the scrotal skin temperature of the bull, with some remarks on the intra-testicular temperature Onderstepoort. **Journal of Veterinary Science and Animal Industry**, v. 17, p.123-140, 1941.

RODRIGUES, A. L. R. **Avaliação do testículo e da cauda do epidídimo de carneiros na pré-puberdade, na maturidade sexual, no criptorquidismo e na insulação escrotal: concentração de testosterona plasmática e tecidual,**

histamina, fator de necrose tumoral-alfa e óxido nítrico. 2004. Tese (Doutorado) -- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SANTOS, M. D. et al. Libido de touros Nelore: efeito da proporção touro: vaca sobre taxa de gestação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 3, 2003.

SARREIRO, L. C. Herdabilidade e correlação genética entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 6, p. 602-608, 2002.

SCHMIDT, S. et al. Use of infrared thermography to assess thermal temperature gradients and pathologies of the bovine claw. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 323, 2003.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; STOOKEY, J. M. The use of infrared thermography to assess inflammation associated with hot-iron and freeze branding in cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77; p. 577-583, 1997.

SETCHELL, B. P. The scrotum and thermoregulation. In: **The Mammalian Testis**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1978. p. 90- 108.

SETCHELL, B. P. Heat and the testis. **Journal of Reproduction Fertility**, v. 114, p. 179-94, 1998.

SILVA, A. E. D. F.; DODE, M. A. N. **Capacidade reprodutiva do touro de corte: funções, anormalidade e fatores que a influenciam.** Campo Grande: Embrapa – CNPGC, 1993. 128 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 51).

SILVA, A. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1-11, 2002.

SISSON, S. Aparelho Urogenital do Ruminante. In: SISSON, S.; GROSSMAN, J. D. **Anatomia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. Cap. 31, p. 879- 881.

SODERQUIST, L. et al. Influence of season, age, breed and some others factor on the variation in sperm morphological abnormalities in Swedish dairy AI bulls. **Animal Reproduction Science**, v. 44, p. 91-98, 1996.

SULLIVAN, J. J. Sperm numbers required for optimum breeding efficiency in cattle. In: TECHNICAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INSEMINATION AND REPRODUCTION, 3., Chicago, 1970. **Proceedings...** [S.I.]: NAAB, 1970. p.36-43.

TAYLOR, J. F. et al. Genetic and environmental components of semen production traits of artificial insemination Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 2703-2722, 1985.

VAN DEMARK, N. L.; FREE, M. J. Temperature effects. In: JOHNSON, A. D.; GOMES, W. R. **The testis**. 1.ed. New York: Academic Press, 1970. v. 3, p. 233-312..

VELHANKAR, D. P. **The normal and abnormal sperm morphology**. In: FAOSWEDISH INT. POSTGRADUATE VET. COURSE IN ANIMAL REPRODUCTION, 8. Stockholm: Royal Vet. College, 1969. 10 p.

WHITE, M. B. et al. Use of digital infrared thermal imaging (DITI) for monitoring environmental physiology in dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 212, 2006.

WINSOR, T. Vascular aspects of thermography. **Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 12, p. 379-88, 1971.

WOLFE D. F. et al. Effect of unilateral orchiectomy on semen quality in bulls. **Journal of American Veterinary Medicine Association**, v. 186, p. 1291-1293, 1985.

YOKOO, M. J. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1761-1768, 2007.

YOUNGQUIST, R. **Current therapy in large animal theriogenology**. [S.l.]: Elsevier, 1997.

Termografia digital por infravermelho do escroto e qualidade do sêmen em touros Nelore (*Bos taurus indicus*)

RESUMO

Objetivou-se estudar a relação da temperatura do escroto sobre a qualidade seminal pelo uso da termografia por infravermelho em touros Nelore criados extensivamente. Foram utilizados 6 touros Nelore realizando-se termografia escrotal e colheita de sêmen a cada 10 dias, totalizando 36 ejaculados. Os dados climáticos foram coletados por meio de globo termômetro. Os termogramas do escroto foram obtidos por meio de termografia digital de infravermelho e analisados por meio de software para as temperaturas da superfície escrotal, dos lados direito e esquerdo, colo do escroto, terços dorsal, médio, e ventral dos testículos e cauda do epidídimo. Efetuou-se colheitas de sêmen, por meio de eletroejaculação para análise das características quantitativas e qualitativas. Para os dados, utilizou-se análise de variância e posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5%, e correlação linear de Pearson. Houve correlação positiva entre motilidade espermática e as temperaturas do escroto; entre concentração, e as temperaturas do escroto; entre os fatores climáticos e temperatura retal. Houve correlação negativa entre temperatura ambiente e concentração espermática ($p < 0,05$). Não houve correlação entre os dados climáticos, e as temperaturas do escroto e entre temperatura retal e as temperaturas do escroto. Concluiu-se que as temperaturas da superfície do escroto e os fatores climáticos, temperatura e umidade do ar, influenciaram na qualidade do sêmen. A termografia é recomendada como exame complementar na avaliação reprodutiva de touros.

Palavras-chave: fatores climáticos, termograma escrotal, touro zebu, sêmen.

ABSTRACT

Aimed to study the relationship between scrotal temperature on semen quality and the use of infrared thermography in Nelore bulls bred extensively. 6 Nelore by performing scrotal thermography and semen collection every 10 days were used, totaling 36 ejaculates. Climatic data were collected through globe thermometer. The thermograms of the scrotum were obtained by digital infrared thermography and analyzed by software to the scrotal surface temperatures, the right and left sides, neck of the scrotum, dorsal thirds, middle, and ventral of the testes and cauda epididymis. We conducted ejaculates through electroejaculation for analysis of quantitative and qualitative characteristics. For the data, we used analysis of variance and subsequently applied the Tukey test at 5 %, and Pearson correlation. There was a

positive correlation between sperm motility and the temperatures of the scrotum; between concentration and temperature of the scrotum; between climatic factors and rectal temperature. There was a negative correlation between ambient temperature and concentration ($P < 0.05$). There was no correlation between the climatic data, and temperatures between the scrotum and rectal temperature and temperature of the scrotum. It was concluded that the surface temperatures of the scrotum and climatic factors, temperature and humidity, influence the quality of semen. Thermography is recommended as a complementary test in the evaluation of reproductive bulls.

Keywords: climatic factors, scrotal thermogram, semen, zebu bull.

INTRODUÇÃO

Para otimizar a função reprodutiva para monta natural ou inseminação artificial, os touros devem produzir um grande número de espermatozoides morfolologicamente normais e o conhecimento sobre os testículos dos bovinos e como eles são avaliados é de grande importância (Kastelic, 2014).

Diversos fatores afetam a reprodução animal, entre eles a temperatura ambiente e umidade relativa do ar (Horn et al., 1997). De acordo com Kastelic (2001), uma moderada elevação da temperatura testicular em touros submetidos à insulação escrotal, reduz de forma drástica a produção espermática, a motilidade progressiva e a quantidade de espermatozoides vivos por ejaculado, e aumenta a porcentagem de espermatozoides morfolologicamente anormais.

Manter a temperatura dos testículos do touro entre 4–5°C abaixo da corporal é essencial para a produção eficaz de sêmen. Efeitos adversos da temperatura testicular elevada tem sido relatados na produção de sêmen, na sua qualidade e na fertilidade de ruminantes (Coulter et al., 1988; Brito et al., 2004). Mecanismos locais, como a troca de calor por contracorrente, regulação do fluxo sanguíneo, posição dos testículos e sudorese,

desempenham um papel importante na manutenção da temperatura testicular (Gabaldi e Wolf, 2002; Brito et al., 2004).

A termografia por infravermelho é um exame não invasivo com elevada acurácia. A temperatura da superfície escrotal é correlacionada com a temperatura testicular, fornecendo informações detalhadas sobre a capacidade do touro em manter a temperatura testicular (Coulter et al., 1988).

Os zebuínos predominam a composição do rebanho brasileiro, sendo exigidos para a sua eficiência reprodutiva. O estudo do emprego da termografia digital por infravermelho em touros zebuínos tem sido pouco explorado como recurso diagnóstico devido ao pequeno número de artigos publicados. Objetivou-se estudar a relação da temperatura do escroto sobre a qualidade seminal pelo uso da termografia digital por infravermelho em touros Nelore criados extensivamente.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética e Uso de Animais em Experimentação (CEUA) da Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente-SP, sob o protocolo número 1700.

Este foi realizado de outubro a dezembro de 2012 em uma propriedade rural pertencente ao município de Piquerobi-SP, localizado na latitude 21°52'03" e longitude 51°43'43" com precipitação média de 1.300 mm/ano, temperatura média anual de 28°C, clima quente com inverno seco. Foram utilizados 6 touros Nelore com idades entre 33 e 35 meses, criados extensivamente, em pasto de *Brachiaria decumbens*, com acesso ao sal mineral e água *ad libitum*.

Os dados climáticos no período do experimento foram coletados por meio de globo termômetro (InstruTemp®, ITWTG-2000) no período matutino, avaliando a

temperatura global com termômetro úmido (WBGT), temperatura de globo preto (TG), temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (UR).

Foram aferidas temperaturas da superfície do escroto por meio de termografia digital de infravermelho (Termovisor FLIR® E-40), sendo o foco emissor do aparelho direcionado na porção caudal do escroto de cada touro e orientado, perpendicularmente, a 1m de distância. As imagens foram analisadas pelo software FLIR Tools® versão 3.1.13080.1002 para se obter as temperaturas das regiões em 5 pontos da superfície escrotal, dos lados direito (D) e esquerdo (E): colo do escroto (TD1 e TE1), terços dorsal (TD2 e TE2), médio (TD3 e TE3), e ventral (TD4 e TE4) dos testículos e cauda do epidídimo (TD5 e TE5) (Lunstra e Coulter, 1997). A classificação dos termogramas infravermelhos do escroto de touros com termorregulação escrotal / testicular aparentemente normal tem da esquerda para a direita simetria e uma diminuição na temperatura a partir do topo do testículo para a parte inferior tendo padrões das imagens classificados como satisfatório (1). Padrões de temperatura mais aleatórias, muitas vezes falta de simetria da esquerda para a direita, áreas localizadas com aumento de temperatura ("pontos quentes") se acredita ser um indicativo de termorregulação anormal dos testículos subjacentes ou epidídimos sendo classificados como questionável (2) ou insatisfatório (3) (Coulter, 1988; Purohit et al. 1985; Wolfe et al. 1985). Após foi aferida a temperatura retal (TR) com termômetro clínico digital.

Foram efetuadas colheitas de sêmen dos touros, por meio da eletroejaculação (Autoejac®, Neovet, Brasil), com aparelho automático. As amostras de sêmen foram mantidas em banho-maria, entre 32 e 35°C, para as análises imediatas da motilidade espermática progressiva, vigor espermático e turbilhão. Com posterior diluição do sêmen em formol salino tamponado (1:100), para obtenção da concentração espermática em câmara de Neubauer e da morfologia espermática frente à avaliação de 200 células com microscopia óptica de contraste de fase. Os touros foram classificados segundo as avaliações clínicas e

espermáticas para efeito de seleção para monta natural, segundo as normas do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 2013).

Foram realizadas colheitas de sangue por venopunção jugular, junto a cada colheita de sêmen, o sangue foi centrifugado a 1500g/15 minutos e o soro armazenado em criotubos a -20°C, para posterior dosagem de testosterona, pelo método de radioimunoensaio (RIA), utilizando-se kit comercial (DPC - Medlab®).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso, os dados foram avaliados pela análise de variância e posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5%, e correlação linear de Pearson com o “software” SAS (2005).

RESULTADOS

Os dados da morfometria testicular e epididimária e da circunferência escrotal estão ilustradas na (TABELA 1). Observa-se padrão anatômico preservado com relação à morfometria segundo CBRA (2013).

Para as características seminais houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre animais para vigor espermático, sendo o animal 6 superior aos demais. Para motilidade espermática ($P < 0,05$) entre animais e entre colheitas, sendo os animais 5 e 6, e a colheita 2 com melhores médias. Para o vigor espermático, houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre animais, tendo o animal 6 melhor vigor (4). Para a concentração espermática, espermatozoides totais e espermatozoides viáveis totais ($P < 0,05$) entre grupos, com o grupo 2 tendo melhor média para estas variáveis. Nas variáveis defeitos maiores, defeitos menores e defeitos totais ($p < 0,05$) entre animais, tendo a menor porcentagem o animal 1 em todas as características (TABELA 2).

Na Tabela 3 ($P < 0,05$) entre colheitas para T1E, T2E, T3E, T4E, T1D, T2D, T3D e TR. E ($P < 0,05$) entre animais para T2D e T3D.

Para as variáveis WBTG, TA e TG, as maiores médias foram nas colheitas 4, 5 e 6. A maior UR obtida foi na colheita 3. Já para médias entre animais ($P < 0,05$) para TA, sendo que a maior temperatura foi $27,78^{\circ}\text{C}$ (TABELA 4).

Com relação às diferenças de temperaturas nos distintos pontos da superfície do escroto e o padrão da qualidade de imagem dos termogramas, os valores obtidos estão apresentados na (Tabela 5).

Houve correlação positiva entre todas as temperaturas superficiais escrotais, entre cor e volume, ($p < 0,05$). Houve correlação positiva entre motilidade e T1E, T3E, T4E, T2D, T3D, aspecto e turbilhonamento, e negativa para TR. Houve correlação positiva entre vigor e aspecto, turbilhonamento e motilidade. Correlação positiva entre concentração e T2E, T3E, T4E, T1D e aspecto. E correlação negativa entre concentração e temperatura retal. Ocorreu correlação positiva entre espermatozoides viáveis totais e T2E, T3E, T1D e volume. Para os dados climáticos ocorreu correlação positiva de WBGT, TA e TG com a temperatura retal e negativa entre WBTG e cor, concentração e espermatozoides viáveis totais (TABELA 6).

Os níveis séricos de testosterona do presente trabalho foram de $253,51 \pm 112,24$ ng/dl, semelhantes ao resultado obtidos por Lezier (2004), indicando normalidade para este aspecto.

DISCUSSÃO

Os testículos dos bovinos devem ser mantidos abaixo da temperatura corporal central, para a produção de espermatozoides morfologicamente viáveis, normais e que a elevada temperatura ambiente está associada com a qualidade reduzida do sêmen (Coulter et al., 1988).

No presente trabalho, as variações observadas nas características qualitativas e quantitativas do sêmen entre as colheitas para motilidade, concentração, espermatozoides totais e espermatozoides viáveis totais ($P < 0,05$) (Tabela 2), comparadas com as diferenças ($p < 0,05$) entre colheitas para as temperaturas do escroto, T1E, T2E, T3E, T4E, T1D, T2D,

T3D e temperatura retal (Tabela 3) indicam que alterações nas temperaturas do escroto como na temperatura retal dos animais alteram a motilidade espermática, concentração, espermatozoides totais e espermatozoides viáveis totais. De acordo com Kastelic (2001), uma moderada elevação da temperatura testicular em touros reduz de forma drástica a produção espermática, a motilidade progressiva e a quantidade de espermatozoides vivos por ejaculado, e aumenta a porcentagem de espermatozoides morfológicamente anormais. A elevação da temperatura testicular leva ao aumento do metabolismo e da demanda de oxigênio testicular, mas o fluxo sanguíneo testicular permanece estável e este aumento da demanda não é compensada, resultando em hipóxia e alterações na espermatogênese (Setchell, 2006).

As variações encontradas para as características do sêmen entre animais (Tabela 2) estão dentro dos padrões recomendados pelo CBRA (2013).

Elevadas temperaturas ambiente estão associadas com a redução da qualidade do sêmen (Coulter, 1988). As diferenças significativas ($P < 0,05$) encontradas neste estudo para WBGT, TA, TG e UR entre colheitas (Tabela 4) revela a variação climática entre as colheitas realizadas, influenciando na temperatura retal (Tabela 3) e características do sêmen (Tabela 2). Anchieta et al. (2005) e Chacur et al. (2013) observaram efeito negativo da estação chuvosa, a mais quente, sobre a motilidade espermática, tanto em touros zebus, quanto nos europeus mantidos em central de inseminação artificial.

A correlação positiva ($P < 0,05$) entre as temperaturas do escroto revela a interdependência entre as áreas do escroto na termorregulação testicular. Não houve significância ($P > 0,05$) entre TR e as temperaturas do escroto. As médias para temperatura da superfície do escroto em diferentes temperaturas ambientes foram relatadas por Barros et al. (2009), e nas porções dorsal e medial dos testículos houve elevação desta temperatura com a elevação da temperatura ambiente.

Com relação a motilidade espermática, houve correlação com as temperaturas da superfície do escroto. Semelhante ao relato de Kastelic et al. (2001) onde o aumento na temperatura superficial escrotal melhorou a motilidade espermática.

Houve correlação positiva ($P < 0,05$) entre concentração, espermatozoides totais e espermatozoides viáveis totais e as temperaturas do escroto. Kastelic et al. (1995) relataram que um moderado aumento na temperatura testicular de touros pode acarretar redução acentuada na produção de espermatozoides.

A correlação positiva ($P < 0,05$) que ocorreu entre os fatores climáticos WBGT, TA e TG e a temperatura retal demonstra que o aumento da temperatura do ambiente eleva a temperatura retal. Fatores extrínsecos podem atuar na variação da temperatura retal como a hora do dia, ingestão de alimentos e de água, estado nutricional, temperatura ambiente, densidade, sombreamento, velocidade dos ventos, estação do ano, exercício e radiação solar (Carvalho et al., 1995).

Houve correlação negativa ($P < 0,05$) entre temperatura retal e MOT, CONC, ESPT e ESPVT, mostrando que a elevação da temperatura retal resulta na queda da qualidade do sêmen. Isso se deve provavelmente ao estresse térmico gerado ocorrendo uma descarga de cortisol, corroborando com Horn et al. (1999).

No presente estudo, houve diferenças entre temperaturas do escroto entre colheitas (Tabela 3) para pontos específicos, sem alterar a morfologia espermática. Chacur et al. (2014) obtiveram ($P < 0,05$) para defeitos menores e defeitos totais comparando touros Nelore em diferentes estações do ano. Cook et al. (1994) observou que o aumento na temperatura escrotal está associado com o aumento dos defeitos espermáticos, e Lunstra e Coulter (1997) descreveram que houve correlação positiva entre a temperatura do escroto e os defeitos de cauda dos espermatozoides.

A correlação negativa ($P < 0,05$) entre WBGT e CONC, ESPT e ESPVT, nos mostra que o aumento neste dado climático diminui a quantidade do sêmen. Concordando com Silva et al. (2003) que observaram menor concentração espermática em ejaculados entre os meses de dezembro a fevereiro, em *Bos taurus taurus*; o que foi relacionado ao estresse provocado pelo calor sofrido no período anterior a colheita de sêmen.

A ausência de significância para a correlação entre os dados climáticos, WBGT, TA e TG, e as temperaturas do escroto mostram que neste estudo não ocorreu influência dos fatores climáticos, nas condições do experimento, sobre as temperaturas escrotal, já Vandemark e Free (1970) descrevem que a manutenção da temperatura da pele escrotal é afetada pela temperatura ambiental, umidade, temperatura corporal, quantidade de calor perdida por radiação do escroto, postura do animal, variação anatômica na forma (escroto com funículo espermático curto, escroto pequeno), grau de obesidade do animal (excesso de gordura no subcutâneo escrotal e funículo espermático) e integridade do escroto como ausência de hiperexia, edema e traumatismos. Segundo Kastelic et al., (1996) a temperatura ambiente teve um grande efeito sobre a temperatura escrotal inferior, um pequeno efeito sobre a temperatura escrotal superior e um efeito intermediário sobre a temperatura escrotal média.

Os animais 2 e 6 obtiveram as maiores diferenças de temperatura entre o cordão espermático e terço dorsal do testículo (T1E-T2E; T1D-T2D), terço dorsal do testículo e terço médio do testículo (T2E-T3E; T2D-T3D), terço médio do testículo e terço ventral do testículo (T3E-T4E; T3D-T4D) e entre terço ventral do testículo e a cauda do epidídimo (T4E-T5E; T4D-T5D) e foram os animais com as melhores qualidades de imagem 1 e 1,25 respectivamente, já o animal 4 que obteve a pior qualidade de imagem dentre os estudados, 3, (Figura 1) foi o que mostrou as menores diferenças de temperatura entre o cordão espermático e terço dorsal do testículo (T1E-T2E; T1D-T2D), terço dorsal do testículo e terço médio do testículo (T2E-T3E; T2D-T3D), terço médio do testículo e terço ventral do testículo (T3E-

T4E; T3D-T4D), entre terço ventral do testículo e a cauda do epidídimo (T4E-T5E; T4D-T5D) e entre a temperatura retal e o terço médio do testículo (TR-T3E; TR-T3D) (Tabela 5), mostrando que o padrão da imagem termográfica se altera com as diferenças de temperatura entre os pontos do escroto, tendo as melhores imagens os animais que possuem as maiores diferenças e o pior padrão de imagem foram obtidos entre os animais com menor diferença de temperatura entre os pontos do escroto. Termogramas infravermelhos do escroto de touros com termorregulação escrotal / testicular aparentemente normal tem da esquerda para a direita simetria e uma diminuição na temperatura (variação típica, de 4 a 6 ° C) a partir do topo do testículo (ventral para o cone testicular vascular) para a parte inferior. Padrões de temperatura mais aleatórias, muitas vezes falta de simetria da esquerda para a direita, áreas localizadas com aumento de temperatura ("pontos quentes") se acredita ser um indicativo de termorregulação anormal dos testículos ou epidídimos, estes touros geralmente tem baixa qualidade seminal (Coulter et al., 1988).

CONCLUSÃO

As temperaturas da superfície do escroto mensuradas pela termografia escrotal por infravermelho influenciaram na qualidade do sêmen.

Os fatores climáticos: temperatura ambiente e umidade relativa do ar influenciaram na qualidade do sêmen.

Recomenda-se a adoção da termografia digital por infravermelho como exame complementar na realização do exame andrológico em touros Nelore, criados extensivamente.

REFERÊNCIAS

- Anchieta, M. C.; Vale Filho, V. R.; and Colosimo, E. 2005. Descarte e congelabilidade do sêmen de touros de raças zebuínas e taurinas em central de inseminação artificial no Brasil. *Arq. Brasileiro de Medicina Vetrinária e Zootecnia* 57:196-204.
- Barros, C. M. Q.; Oba, E.; Siqueira, J. B.; Leal, L. S. and Kastelic, J. P. 2009. Efeito da temperatura ambiente sobre as temperaturas escrotal, intratesticular, intravascular e fluxo sanguíneo testicular de touros. *Veterinaria. e Zootecnia* 16:354-362.
- Brito, L. F.; Silva, A. E.; Barbosa, R. T. and Kastelic, J. P. 2004. 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* 61:511–528.
- Carvalho, F. A.; Lammoglia, M. A.; and Simões, M. J. 1995. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. *Journal of Animal Science* 73:3570-3573.
- Chacur, M. G. M.; Mizusaki, K. T.; Gabriel Filho, L. R. A.; Oba, E. and Ramos. A. A. 2013. Seasonal Effects on Semen and Testosterone in Zebu and Taurine Bulls. *Acta Scientiae Veterinariae* 41: 1110.
- Chacur, M. G. M.; dos Reis, J. D. A.; Tavares, L. S.; Sanches, K.; Guaberto, L.; Alves, V. C.; Oba, E. and Ramos. A. A. 2014. Influência das épocas do ano na morfometria testicular e epididimária, características do sêmen e proteínas do sêmen em SDS-PAGE em zebus e taurinos. *Acta Scientiae Veterinariae* 42: 1174.
- Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. 2013. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. 3rd ed. Belo Horizonte.
- Cook, R. B.; Coulter, G. H. and Kastelic J. P. 1994. The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. *Theriogenology* 41:653–671.
- Coulter, G. H.; Serenger, P. L. and Bailey, D. R. C. 1988. Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram. *Journal of Reproduction and Fertility* 84:417-423.
- Gabaldi, S. H. and Wolf, A. 2002. A importância da termorregulação testicular na qualidade do sêmen em touros. *Ciência Agrária e Saúde* 2:66-70.
- Horn, M. M.; Moraes, J. C. F. and Galina, C. S. 1997. Qualidade de sêmen de touros Aberdeen Angus e Ibagé frente à degeneração testicular experimental. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 5:356-359.
- Horn, M. M.; Moraes, J. C. F.; and Galina, C. S. 1999. Qualidade do sêmen de Touros das raças Aberdeen Angus e Brangus-Ibage em frente á degeneração testicular experimental induzida por dexametaxona. *Revista Ciência Rural* 29: 523-526.

- Kastelic, J. P. 2014. Understanding and evaluating bovine testes. *Theriogenology* 81: 18–23.
- Kastelic, J. P.; Cook, R. B. and Coulter, G. H. 1997. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. *Animal Reproduction Science* 45:255-61.
- Kastelic, J. P.; Cook, R. B.; Coulter, G. H.; Wallins, G. L. and Entz, T. 1996. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. *Animal Reproduction Science* 41:153-159.
- Kastelic, J. P.; Cook, R. B.; Pierson, R. A. and Coulter, G. H. 2001. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. *Canadian Journal of Veterinary Research* 65:111-115.
- Kastelic, J. P.; Coulter, G. H. and Cook, R. B. 1995. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular and intraepididymal temperatures in bulls. *Theriogenology* 44:147–152.
- Lunstra, D. D. and Coulter, G. H. 1997. Relationship between infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. *Journal of Animal Science* 75:767-774.
- Lezier D.H. 2004. Avaliação da biometria testicular, concentração plasmática de hormônios e minerais em bovinos Nelore variedade mocha dos 12 aos 24 meses de idade. 76f. Botucatu, SP. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-graduação em Reprodução Animal, Universidade Estadual Paulista.
- Lunstra, D. D. and Coulter, G. H. 1997. Relationships between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. *Journal of Animal Science* 75:767-774.
- Purohit, R. C.; Hudson, R. S.; Riddell, M. G.; Carson, R. L.; Wolfe, D.F. and Walker, D. F. 1985. Thermography of the bovine scrotum. *Amer J Vet Res* 46:2388-2392.
- SAS. 2005. SAS/STAT User`s Guide. SAS Inst. Inc. Cary. NC.
- Setchell, B. P. 2006. The effects of heat on the testes of mammals. *Anim. Reprod* 3: 81-91.
- Silva, A. R.; Ferraudo, A. S.; Rodrigues, L. H.; Costa, M. Z. and Lima, V. F. M. H. 2003. Efeito da idade e do período de colheita de sêmen sobre as características físicas e morfológicas do sêmen de bovinos europeus e zebus. p. 56-61 In: *Zootec Ambiência – Eficiência e Qualidade na Produção Animal*. Uberaba.
- Vandemark, N. L. and Free, M. J. 1970. Temperature effects. p. 233-312. In: *The testis*. 1st ed., New York.
- Wolfe, D. F.; Hudson, R. S.; Carson, R. L. and Purohit, R. C. 1985. Effect of unilateral orchiectomy on semen quality in bulls. *J Am Vet Med Assoc* 186:1291-1293.

Tabela 1 – Morfometrias testicular, epididimária e circunferência escrotal dos touros Nelore.

TOURO	COMP E ¹ (cm)	COMP D ² (cm)	LARG E ³ (cm)	LARG D ⁴ (cm)	ALT E ⁵ (cm)	ALT D ⁶ (cm)	EPID E ⁷ (cm)	EPID D ⁸ (cm)	CE ⁹ (cm)
1	12,4	12	6,8	6,7	6,8	7,4	3,4	3,2	36
2	12,9	11,7	7,3	7,8	7,6	9	3,2	3	36
3	11,4	11,7	6,5	6,8	6,7	7,3	3,1	2,3	37
4	10,5	11,6	7,4	8,1	7,2	7,8	2,9	3	40
5	10,7	10,2	6,4	7,1	6,9	8,1	3,6	3,3	39
6	11,6	11,2	6,8	7,3	7,8	7,7	3,1	3,7	37,5

¹Comprimento do testículo esquerdo; ² Comprimento testículo direito; ³Largura testículo esquerdo; ⁴Largura testículo direito; ⁵Altura testículo esquerdo; ⁶Altura testículo direito; ⁷Epididimo esquerdo; ⁸Epididimo direito; ⁹Circunferência escrotal.

Tabela 2 – Valores médios, desvio padrão e análise de variância para as características qualitativas e quantitativas do sêmen dos touros Nelore.

	VOL ¹	ASP ²	TUR ³	MOT ⁴	VIG ⁵	CONC ⁶	ESPTO ⁷	ESVIT ⁸	DMA ⁹	DME ¹⁰	DTO ¹¹
MÉDIA	5.06± 1.65	1.80± 0.62	1.50± 1.63	69.30± 15.59	3.19± 0.88	23.62± 16.81	123.76±1 18.43	88.95± 87.47	7.38±3 .55	6.09±3.8 8	13.48± 4.68
MÍNIMO	2.00	1.00	0	30.00	1	2	10	3	1.55	0.88	4.76
MÁXIMO	8.50	3.00	5	90.00	5	69	645	451	15.50	15.71	21.48
Média colheitas											
1	5.25 A	1.83 A	1.50 A	65.00 AB	3.33 A	13.91 B	75.04 B	48.30 B	7.38 A	5.90 A	13.28 A
2	3.66 A	2.16 A	1.66 A	80.00 A	3.33 A	50.91 A	254.42 A	192.91 A	9.17 A	6.35 A	15.52 A
3	5.33 A	1.83 A	1.33 A	65.83 AB	2.50 A	19.00 B	103 AB	72.25 AB	6.67 A	5.96 A	12.64 A
4	4.91 A	1.33 A	1.50 A	58.33 B	3.16 A	17.75 B	72.54 AB	44.84 B	6.10 A	6.59 A	12.70 A
5	6.16 A	1.83 A	1.50 A	73.33 AB	3.33 A	24.16 B	154.38 B	115.20 AB	6.66 A	7.09 A	13.75 A
6	5.08 A	1.83 A	1.50 A	73.33 AB	3.50 A	16.00 B	83.21 AB	60.22 B	8.32 A	4.65 A	12.97 A
Média animais											
1	6.58 A	1.50 A	0.66 BC	65.00 AB	2.66 BC	15.75 A	174.17 A	114.78 A	4.10 B	2.73 C	6.84 B
2	4.50 A	1.66 A	1.66 ABC	72.50 AB	3.33 ABC	23.33 A	95.25 A	71.18 A	10.14 A	3.82 C	13.97 A
3	4.75 A	1.33 A	0.00 C	56.66 B	2.50 C	21.58 A	102.75 A	65.23 A	10.39 A	5.12 BC	15.51 A
4	5.58 A	1.83 A	0.83 BC	60.00 B	2.83 ABC	27.66 A	153.04 A	103.93 A	5.99 AB	9.64 AB	15.63 A
5	4.33 A	2.16 A	2.50 AB	80.00 A	3.83 AB	29.08 A	105.63 A	84.94 A	6.48 AB	10.21 A	16.69 A
6	4.66 A	2.33 A	3.33 A	81.66 A	4.00 A	24.33 A	111.75 A	93.65 A	7.20 AB	5.02 BC	12.23 AB

Letras diferentes na mesma coluna (P<0,05). ¹Volume (ml); ²Aspecto (1-Aquoso, 2-Viscoso, 3-Cremoso); ³Turbilhonamento; ⁴Motilidade (%); ⁵Vigor; ⁶Concentração (x10⁷ espermatozoides/ml); ⁷ Espermatozoides totais (x10⁷ espermatozoides/ml); ⁸Espermatozoides viáveis totais (x10⁷ espermatozoides/ml); ⁹Defeitos maiores(%); ¹⁰Defeitos Menores(%); ¹¹Defeitos totais(%).

Tabela 3 - Valores médios, desvio padrão e análise de variância das temperaturas (°C) do escroto aferidas por termografia de infravermelho e temperatura retal em touros criados extensivamente.

	T1E	T2E	T3E	T4E	T5E	T1D	T2D	T3D	T4D	T5D	TR
MÉDIA	33.25±1.08	32.59±1.01	31.66±0.96	31.34±1.11	30.33±1.28	32.44±1.55	31.92±1.33	31.28±1.02	30.76±0.93	30.09±1.20	39.23±0.32
MÍNIMO	29.50	30.10	29.10	27.90	26.50	28.60	29.00	28.60	28.50	27.50	38.50
MÁXIMO	35.30	34.40	33.30	33.20	32.90	36.30	34.30	33.30	32.60	32.40	40.10
Média entre colheitas											
1	32.10 B	31.13 B	30.48 B	30.11 B	29.11 A	30.80 B	30.33 B	30.21 B	29.91 A	29.38 A	39.18 BC
2	33.56 BA	33.23 A	32.40 A	31.81 A	30.95 A	33.28 A	32.26 A	31.48 BA	31.01 A	30.30 A	38.98 C
3	33.56 BA	33.03 A	32.21 A	31.61 BA	30.56 A	32.63 BA	32.63 A	31.81 A	31.16 A	30.25 A	39.25 BAC
4	32.95 BA	32.10 BA	31.28 BA	30.65 BA	29.53 A	32.48 BA	31.41 BA	30.75 BA	30.06 A	29.28 A	39.40 BA
5	34.23 A	33.31 A	32.10 A	31.95 A	30.90 A	33.51 A	32.33 A	31.70 A	31.08 A	30.58 A	38.98 C
6	33.08 BA	33.23 A	31.48 BA	31.93 A	30.96 A	31.96 BA	32.58 A	31.76 A	31.31 A	30.78 A	39.61 A
Média entre animais											
1	32.65 A	32.08 A	31.15 A	30.56 A	29.76 A	31.85 A	31.58 ABC	30.73 B	30.30 A	29.91 A	39.15 A
2	33.90 A	32.81 A	31.73 A	31.38 A	30.51 A	32.95 A	33.03 A	32.28 A	31.13 A	29.86 A	39.15 A
3	32.78 A	32.56 A	31.56 A	31.41 A	30.83 A	31.36 A	30.95 C	30.90 B	30.38 A	29.75 A	39.20 A
4	33.30 A	32.91 A	31.85 A	31.63 A	30.55 A	32.68 A	31.20 BC	31.06 BA	30.93 A	30.41 A	39.51 A
5	33.13 A	32.53 A	31.75 A	31.61 A	29.81 A	32.66 A	32.26 ABC	31.45 BA	30.80 A	30.35 A	39.16 A
6	33.73 A	32.66 A	31.91 A	31.46 A	30.55 A	33.16 A	32.53 BA	31.30 BA	31.01 A	30.28 A	39.23 A

Letras diferentes na mesma coluna (P<0,05). T1E a T5E – temperaturas nos pontos do lado esquerdo do escroto; T1D a T5D - temperaturas nos pontos do lado direito do escroto; T1 - Cordão Espermiático ; T2 – Terço Dorsal do Testículo; T3 – Terço Médio do Testículo; T4 – Terço Ventral do Testículo; T5 – Cauda do Epidídimo.

Tabela 4 – Valores médios, desvio padrão e análise de variância dos dados climáticos obtidos no local do experimento por termômetro de globo.

	WBG ¹	TA ²	TG ³	UR ⁴
MÉDIA	23.14±2.18	27.04±2.95	27.36±2.86	60.50±10.02
MÍNIMO	18.40	22	22.10	49.20
MÁXIMO	25.80	31.9	31.70	85.10
Média entre colheitas				
1	20.42 C	24.73 B	25.86 B	57.32 CB
2	20.48 C	23.98 B	24.83 B	56.13 CB
3	22.85 B	24.56 B	24.68 B	80.78 A
4	24.37 A	29.91 A	29.52 A	58.23 CB
5	24.81 A	29.10 A	29.48 A	59.15 B
6	25.41 A	30.80 A	30.85 A	52.56 C
Média entre animais				
1	22.40 A	25.80 B	26.16 A	64.0 A
2	23.03 A	27.23 BA	27.40 A	59.58 A
3	23.30 A	27.43 BA	27.61 A	59.71 A
4	23.35 A	27.61 BA	27.75 A	60.35 A
5	23.46 A	27.78 A	27.75 A	59.03 A
6	23.31 A	26.41 BA	27.48 A	60.30 A

Letras diferentes na mesma coluna (P<0,05). ¹Temperatura global com termômetro úmido (°C); ²Temperatura do ar (°C); ³Temperatura de globo preto (°C); ⁴Umidade relativa do ar (%).

Tabela 5 – Diferenças entre as temperaturas do escroto e escore de qualidade da imagem por termografia por infravermelho

ANIMAL	T1E-T2E	T1E-T3E	T1E-T4E	T1E-T5E	TR-T3E	T1D-T2E	T1D-T3D	T1D-T4D	T1D-T5D	TR-T3D	QUALIDADE
1	0,50	1,41	1,99	2,79	8,00	0,27	1,12	1,55	1,93	8,42	1,50
2	1,02	2,11	2,46	3,32	7,42	0,80	1,67	2,82	3,08	6,87	1,00
3	0,34	1,21	1,20	1,95	7,63	0,42	0,47	0,98	1,62	8,30	2,25
4	0,24	0,49	0,71	1,79	5,67	0,48	0,42	0,75	1,27	5,45	3,00
5	0,60	1,38	1,52	3,02	7,42	0,40	1,22	1,87	2,32	7,72	1,75
6	1,07	1,82	2,27	3,18	7,32	0,63	1,87	2,15	2,88	7,93	1,25

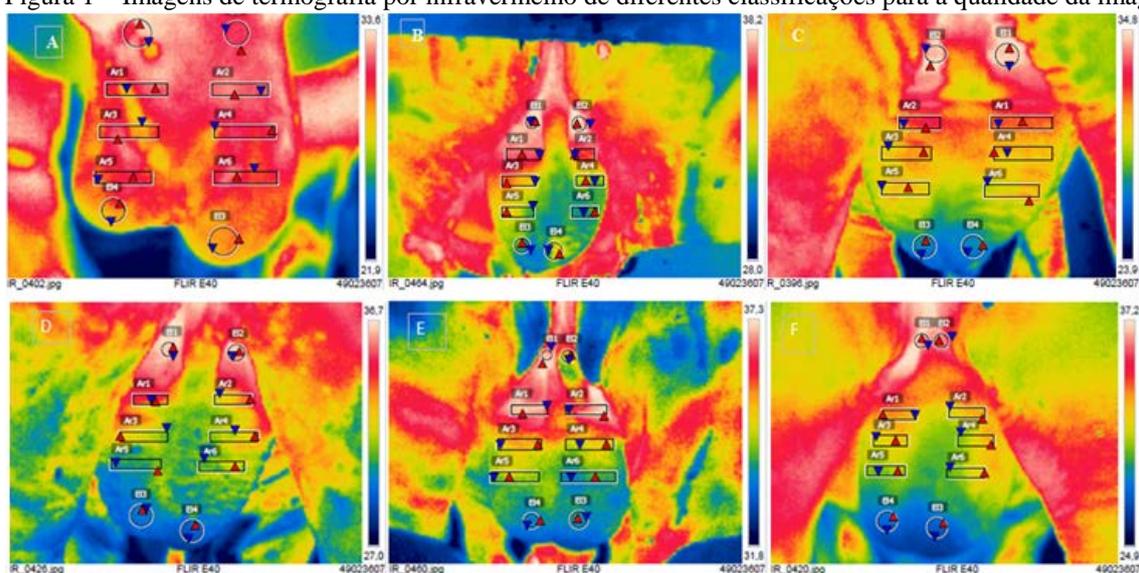
T1E a T5E – temperaturas nos pontos do lado esquerdo do escroto; T1D a T5D - temperaturas nos pontos do lado direito do escroto; T1 - Cordão Espermatóico ; T2 – Terço Dorsal do Testículo; T3 – Terço Médio do Testículo; T4 – Terço Ventral do Testículo; T5 – Cauda do Epidídimo; TR – temperatura retal; (-) subtração entre as temperaturas. Qualidade de imagem: 1 (satisfatória), 2 (questionável) e 3(insatisfatória)

Tabela 6 – Correlações (r) e nível de significância (P) entre as temperaturas do escroto, temperatura retal, características qualitativas e quantitativas do sêmen, e dados climáticos.

CORRELAÇÃO	r	P
MOT X T1E	0,46	0.0045
MOT X T3E	0,32	0.05
MOT X T4E	0,33	0.05
MOT X T2D	0,45	0.0065
MOT X T3D	0,35	0.0368
MOT X TR	-0,34	0.0410
CONC X T2E	0,43	0.0098
CONC X T3E	0,48	0.0029
CONC X T4E	0,37	0.0282
CONC X T1D	0,42	0.0100
CONC X TR	-0,37	0.0247
ESPT X T2E	0,33	0.05
ESPT X T3E	0,35	0.0350
ESPT X T1D	0,28	0.0097
ESPT X TR	-0,39	0.0189
ESPVT X T2E	0,34	0.0398
ESPVT X T3E	0,38	0.0207
ESPVT X T1D	0,33	0.0479
ESPVT X TR	-0,45	0.0060
WBGT X TR	0,40	0.0148
WBGT X COR	-0,40	0.0158
WBGT X CONC	-0,32	0.05
WBGT X ESPT	-0,35	0.0382
WBGT X ESPVT	-0,33	0.0492
TA X TR	0,38	0.0211
TG X TR	0,39	0.0180
UR X VIG	-0,39	0.0192
TR X MOT	-0,34	0.0410
TR X CONC	-0,37	0.0247
TR X ESPT	-0,39	0.0189
TR X ESPVT	-0,45	0.0060

T1E a T5E – temperaturas nos pontos do lado esquerdo do escroto; T1D a T5D - temperaturas nos pontos do lado direito do escroto; T1 - Cordão Espermiático ; T2 – Terço Dorsal do Testículo; T3 – Terço Médio do Testículo; T4 – Terço Ventral do Testículo; T5 – Cauda do Epidídimo, TR – temperatura retal, TUR – turbilhonamento, MOT – motilidade, VIG – vigor, CONC – concentração, ESPT – espermatozoides totais, ESPVT – espermatozoides viáveis totais, WBGT – temperatura global com termômetro úmido, TA – temperatura do ar, TG – temperatura do globo preto e UR umidade relativa do ar.

Figura 1 – Imagens de termografia por infravermelho de diferentes classificações para a qualidade da imagem.



A – Imagem termográfica animal 4, com classificação 3 (Insatisfatório). B - Animal 5, classificação 2 (questionável). C – Animal 2, classificação 1 (Satisfatório). D – Animal 1, classificação 2 (questionável). E- Animal 3, classificação 2 (questionável). F- Animal 6 classificação 1 (Satisfatório).

ANEXO