

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**VULNERABILIDADE DE TOUROS BRAFORD AO ESTRESSE CALÓRICO**

Marcela Kuczynski da Rocha  
Médica Veterinária/UFRGS

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do grau de Mestre em  
Zootecnia  
Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS) Brasil  
Março, 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Rocha, Marcela Kuczynski da  
Vulnerabilidade de touros Braford ao estresse  
calórico / Marcela Kuczynski da Rocha. -- 2018.  
68 f.  
Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2018.

1. Adaptação. 2. Índice de Temperatura e Umidade.  
3. Mudanças climáticas. 4. Qualidade seminal. I.  
Barcellos, Júlio Otávio Jardim, orient. II. Título.

MARCELA KUCZYNSKI DA ROCHA  
Médica Veterinária

## DISSERTAÇÃO

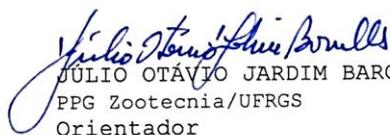
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

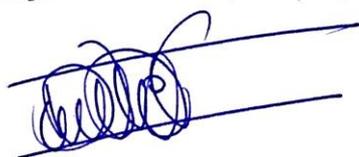
### MESTRA EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

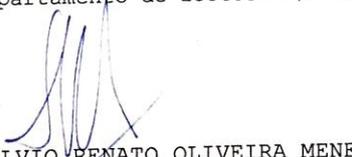
Aprovada em: 28.03.2018  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 28/05/18  
Por

  
JULIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador

  
DANILO PEDRO STREIT JR.  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia

  
DIOGO MAGALHÃES  
Departamento de Zootecnia/UFRGS

  
SILVIO RENATO OLIVEIRA MENEGASSI  
PÓS-DOC CAPES/UFRGS

  
DANILO PEDRO STREIT JR.  
PPG Zootecnia/UFRGS

  
CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e irmã por todo amor, carinho, apoio e dedicação.

Ao professor Júlio Barcellos pelos ensinamentos, oportunidades, confiança e paciência.

Aos colegas do NESPRO pelo apoio e troca de experiências, em especial ao Silvio Menegassi pelo carinho, por ajudar na minha formação com inúmeras oportunidades de aprendizagem a campo, pelos ensinamentos de vida e por confiar no meu trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

## VULNERABILIDADE DE TOUROS BRAFORD AO ESTRESSE CALÓRICO<sup>1</sup>

Autor: Marcela Kuczynski da Rocha

Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos

### RESUMO

Devido às mudanças climáticas, a adaptação das raças de touro às condições ambientais torna-se um aspecto importante para a expressão do seu potencial genético. O objetivo deste trabalho foi avaliar a performance reprodutiva de touros da raça Braford, através do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e as suas relações com as características seminais de touros mantidos em diferentes climas do Brasil. Foram utilizados setenta e seis touros da raça Braford (5/8 Hereford x 3/8 Nelore), de seis propriedades rurais localizadas nos municípios de Rondonópolis (MT), Porto Nacional (TO) e Rio Verde (GO); Uruguaiana (RS), São Gabriel (RS) e Lages (SC). A avaliação seminal foi realizada 4 vezes em cada local. Os dados climáticos de temperatura e umidade foram coletados a cada hora de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia de cada localidade. O ITU foi analisado no período de 30, 18 (espermiogênese) e 12 dias (trânsito epididimário) antes da coleta seminal. Os maiores ITU foram observados no verão na localidade de Uruguaiana (83,69) e durante a estação chuvosa em Rondonópolis (80,15). Os menores valores de ITU foram observados durante o outono e inverno de Lages (51,66 e 50,03) e na estação chuvosa de Rio Verde (72,05). Na qualidade seminal, turbilhonamento (T), motilidade (M) e vigor (V) são menores no inverno de São Gabriel ( $2,87 \pm 0,61$ ;  $60,60 \pm 10,80$  e  $2,87 \pm 0,51$ ). Os defeitos espermáticos totais foram superiores em Uruguaiana ( $21,42 \pm 1,26$ ). Em Rio Verde, T, M e V foram menores ( $2,69 \pm 0,17$ ;  $63,79 \pm 4,01$  e  $2,69 \pm 0,17$ ) e maiores percentuais de defeitos maiores e menores ( $29,01 \pm 3,24$  e  $16,02 \pm 1,80$ ). A motilidade mostrou correlação negativa com o ITU de 30 e 18 dias ( $-0,121$  e  $-0,163$ ;  $P < 0,01$ ), enquanto que os defeitos totais estão correlacionados positivamente com todos os períodos de ITU ( $0,234$ ;  $0,207$  e  $0,198$ ;  $P < 0,01$ ). Apesar dos altos índices de ITU, a qualidade seminal não mudou significativamente para reprovar algum touro ao exame andrológico durante todas as estações, mostrando que os touros Braford são capazes de trabalhar a campo sob diferentes climas quente, demonstrado pelo ITU.

**Palavras-chave:** Adaptação, Mudanças climáticas, Qualidade seminal, Touros.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (68 p.), Março de 2018.

## VULNERABILITY TO HEAT STRESS OF BRAFORD BULLS<sup>2</sup>

Author: Marcela Kuczynski da Rocha

Adviser: Júlio Otávio Jardim Barcellos

### ABSTRACT

Due to climate change, the adaptation of bull breeds to environmental conditions becomes an important aspect for the expression of genetic potential. The objective of this study was to evaluate the reproductive performance of Braford bulls, through the Temperature and Humidity Index (THI) and its relationships with the seminal characteristics of bulls sustained in different climates of Brazil. Seventy-six Braford bulls (5/8 Hereford x 3/8 Nelore) were used, of six farms located in the cities of Rondonópolis (MT), Porto Nacional (TO) and Rio Verde (GO); Uruguaiana (RS), São Gabriel (RS) and Lages (SC). The seminal evaluation was performed four times at each location. Temperature and air humidity data were collected every hour from the automatic weather station at the National Institute of Meteorology. The THI was analyzed in the period of 30, 18 (spermiogenesis) and 12 days (epididymal transit) before seminal collection. The highest THI were observed in the summer of Uruguaiana (83.69) and in the rainy season of Rondonópolis (80.15). The lowest values of THI were observed in the autumn and winter of Lages (51.66 and 50.03), and in the rainy season of Rio Verde (72.05). In sperm quality, mass motion (MM), motility (M) and vigor (V) are lower in the winter of São Gabriel ( $2.87 \pm 0.61$ ;  $60.60 \pm 10.80$  and  $2.87 \pm 0.51$ ). The total defects were higher in Uruguaiana ( $21.42 \pm 1.26$ ). In Rio Verde, MM, M and V were lower ( $2.69 \pm 0.17$ ;  $63.79 \pm 4.01$  and  $2.69 \pm 0.17$ ) and higher percentages of major and minor defects ( $29.01 \pm 3.24$  and  $16.02 \pm 1.80$ ). Motility showed a negative correlation with THI of 30 and 18 days ( $-0.121$  e  $-0.163$ ;  $P < 0.01$ ), while the total defects are positively correlated with all periods of THI ( $0.234$ ;  $0.207$  and  $0.198$ ;  $P < 0.01$ ). Despite the high THI indexes, the sperm quality has not changed significantly to reject a bull during BBSE exam during all seasons, showing that Braford bulls are able of field service under different hot climates, as demonstrated by the THI.

**Keywords:** Adaptability, Climate change, Sperm quality, Bulls.

---

<sup>2</sup> Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (68 p.), March, 2018.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	11
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
<b>2.1 Importância da cria na bovinocultura de corte</b> .....	14
<b>2.2 Importância dos touros nos sistemas de cria</b> .....	15
2.2.1 Raça.....	16
2.2.2 Fisiologia da reprodução do touro.....	17
<b>2.3 Conforto térmico de bovinos de corte</b> .....	22
2.3.1 Índice de temperatura e umidade.....	24
<b>2.4 Estresse calórico</b> .....	25
2.4.1 Qualidade seminal .....	27
<b>3 HIPÓTESE</b> .....	30
<b>4 OBJETIVO</b> .....	31
<b>CAPÍTULO II</b> .....	32
Vulnerabilidade de touros braford ao estresse calórico.....	33
<b>CAPÍTULO III</b> .....	55
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	56
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57
<b>7 VITA</b> .....	69

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1.</b> Descrição dos experimentos em número de animais, localização, altitude e classificação climática.....	37
<b>Tabela 2.</b> Descrição ambiental da região tropical.....	41
<b>Tabela 3.</b> Descrição ambiental da região subtropical.....	42
<b>Tabela 4.</b> Características seminais dos touros da região tropical.....	44
<b>Tabela 5.</b> Características seminais dos touros da região subtropical.	45
<b>Tabela 6.</b> Correlação entre o Índice de Temperatura e Umidade durante a espermatogênese.....	48

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Localização física dos experimentos dispostos no mapa do Brasil.....	38

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

**ITU** – Índice de Temperatura e Umidade

**URU** – Uruguaiana

**LON** – Londrina

**RON** – Rondonópolis

**PON** – Porto Nacional

**SAG** – São Gabriel

**LAG** –Lages

**RVE** – Rio Verde

**T** – Turbilhonamento

**M** – Motilidade

**V** – Vigor

**DMa** – Defeitos maiores

**DMe** – Defeitos menores

**DT** – Defeitos totais

## **CAPÍTULO I**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária moderna é desafiada a todo o momento, principalmente na exploração do máximo potencial genético dos animais, tanto no aspecto produtivo quanto reprodutivo. Os índices reprodutivos da pecuária de corte brasileira necessitam de melhorias, apesar de várias biotecnologias da reprodução serem bem desenvolvidas e consolidadas. Contudo, alguns pontos críticos ainda são obstáculos para o aumento da eficiência do setor. Com relação a isto, no processo reprodutivo, a maioria das fêmeas ainda são acasaladas com touros sob regime de monta natural, o que torna a eficiência reprodutiva extremamente dependente do comportamento e da qualidade dos touros.

Os sistemas de criação estabelecidos no Brasil, rotineiramente utilizam uma estação de acasalamento nos meses mais quentes do ano, onde os animais são vulneráveis aos efeitos diretos e indiretos dos elementos do clima. Portanto, a preocupação com a adaptação dos animais ao ambiente é pertinente frente às mudanças no clima que estão ocorrendo, pois estas podem intensificar o estresse térmico. Assim, fatores como a radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento passam a ter um efeito direto no conforto térmico dos animais e exigir destes mecanismos de termorregulação em níveis que podem comprometer a homeotermia.

A amplitude geográfica do Brasil e a existência de zonas climáticas que vão desde a zona temperada até a tropical e o desenvolvimento de uma pecuária de corte nas diferentes regiões do país, criam oportunidades para o conjunto de raças e seus cruzamentos. Entretanto, a utilização de raças sem o potencial de adaptação a uma região heteroclimática pode afetar o potencial produtivo de cada animal. As raças sintéticas têm a capacidade de melhor adaptar-se nos diferentes ambientes em consequência dos cruzamentos realizados, já o *Bos taurus taurus* e o *Bos taurus indicus* apresentam melhores índices produtivos apenas em temperaturas ideais em relação ao seu conforto térmico (McManus et al., 2009).

O sucesso reprodutivo é um dos fatores mais importantes que afetam a rentabilidade do rebanho de cria, e a fertilidade do touro é um componente chave nessa equação (Menegasi et al., 2011). Vários fatores, tais como genética, nutrição, idade e condição corporal podem influenciar a taxa de fertilidade (Menegassi, 2010). Pesquisas recentes têm sugerido associações indesejáveis entre o meio ambiente e a fertilidade em touros de corte jovens. Portanto, é pertinente avaliar aspectos da reprodução de bovinos em ambientes onde os diversos fatores ambientais (incidência da radiação, velocidade do vento, temperatura e umidade) podem provocar estresse térmico e conseqüentemente impacto nos índices reprodutivos, uma vez que algumas raças são mais susceptíveis a temperaturas elevadas, como as taurinas.

Neste sentido, no presente trabalho objetivou-se avaliar os efeitos das variáveis climáticas e as suas relações com as características seminais de touros da raça Braford mantidos em diferentes climas do Brasil. Para tanto, no Capítulo I está disposta a introdução, revisão bibliográfica, hipóteses e objetivo. No Capítulo II é descrito a metodologia e os resultados e o Capítulo III traz as considerações finais do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância da cria na bovinocultura de corte

O sistema de produção da bovinocultura de corte é dividido em três etapas (cria, recria e engorda), podendo existir relações e combinações entre elas (Barcellos & Oaigen, 2014). Uma propriedade rural pode ser especializada em uma ou duas etapas, somente cria, ou recria-engorda, por exemplo. Quando são realizadas todas as etapas do ciclo produtivo o sistema é caracterizado como sistema de ciclo completo (Paulino & Duarte, 2014).

A cria é considerada uma das fases mais complexas entre os sistemas de criação de bovinos de corte, uma vez que pode ser afetada por diferentes fatores como a nutrição, sanidade, fertilidade e manejo (Rovira, 1996). Além disso, é a base da pecuária de corte, pois é responsável pela produção de bezerros, sendo fundamental para o desenvolvimento das fases subsequentes: recria e terminação (Barcellos *et al.*, 2011). A cria é uma das poucas atividades econômicas em que o capital cresce, na forma do bezerro, fazendo com que o número de animais aumente dentro da propriedade (Barcellos, 2011). Entretanto, a produção de bezerros é a atividade que apresenta menor rentabilidade na pecuária de corte e, por isso, qualquer aumento de eficiência pode beneficiar todo o ciclo de produção de gado de corte, visto que esta é a base para as fases subsequentes (Euclides Filho & Euclides, 2010).

Os indicadores mais utilizados para medir a eficiência reprodutiva de um sistema de cria são taxa de prenhez e taxa de desmame, já o indicador utilizado para mensurar a produtividade do rebanho é a taxa de desmame, que revela quantos bezerros foram desmamados a partir do número de vacas acasaladas no ano anterior (Doyle *et al.*, 2004). Quando os índices de prenhez, natalidade e de desmame são baixos, não há aumento na taxa de desfrute, ocasionando uma redução na renda do sistema. Por isso exige maior conhecimento e capacidade administrativa que as demais etapas do ciclo produtivo (Rovira, 1996).

## **2.2 Importância dos touros nos sistemas de cria**

O sucesso reprodutivo é um dos fatores mais importantes que afetam a rentabilidade do rebanho de cria e a fertilidade do touro é um componente chave do sistema (Menegassi et al., 2011), uma vez que o reprodutor é responsável por mais de 90% da genética de um rebanho como um todo (Silva et al., 1993). Todavia, representa apenas de 3 a 5% da estrutura do mesmo (Menegassi et al., 2011).

De acordo com os sistemas de criação do Brasil, o acasalamento ocorre nos meses mais quentes do ano, estando os touros sujeitos a variações ambientais, interferindo em sua fertilidade e na eficácia reprodutiva no rebanho (Berry et al., 2011). Apesar disso, a eficiência biológica dos sistemas de cria está relacionada com as condições de manejo que influenciam o estado nutricional e, conseqüentemente, a fertilidade das fêmeas em reprodução (Barcellos & Oiagen, 2014). Portanto, a utilização de touros com certas características pode ocasionar incremento genético refletindo em maior fertilidade do rebanho (Burns et al., 2011). A idade à puberdade, qualidade do sêmen e o perímetro escrotal são herdáveis (Bergmann et al., 1996), pois, existe a possibilidade de serem preditas e selecionáveis.

O sistema de acasalamento por monta múltipla de touros ainda é o mais utilizado nos sistemas de cria e a sua eficiência depende da fertilidade dos reprodutores (ASBIA, 2014). Cabe ressaltar que em muitos locais ainda não é inviável a utilização de inseminação artificial, seja pelo custo desta biotécnica ou baixa eficiência pela falta de mão-de-obra qualificada, sendo assim, os touros constituem papel fundamental para essas propriedades.

As variações encontradas entre os touros e sua fertilidade reforçam a necessidade da realização do exame da aptidão reprodutiva por meio do exame andrológico, no mínimo, antes da temporada reprodutiva (Menegassi, 2011). Segundo trabalhos de Vale Filho et al. (1981) a degeneração testicular é a causa mais importante de subfertilidade e infertilidade de touros que servem a campo, e estes touros devem ser identificados para que não deixem um grande número de vacas vazias.

### 2.2.1 Raça

A raça está relacionada com a aptidão dos animais, no caso de bovinos, produção de carne ou leite. Ainda assim, existe uma grande variedade de grupos raciais de bovinos espalhados pelo mundo. Segundo Peixoto (2010) dentre os países criadores de bovinos de corte, o Brasil é o que introduziu e utilizou o maior número de raças bovinas desde a sua descoberta, devido à extensão territorial e variabilidade climática. Raças diferentes são predominantes em regiões específicas, como por exemplo, raças zebuínas (*Bos taurus indicus*) se encontram predominantemente na região Centro-Oeste, Sudeste Norte e Nordeste, enquanto as raças taurinas (*Bos taurus taurus*) predominam no Sul (Cezar et al., 2005).

A grande expressão das raças zebuínas na pecuária nacional deve-se a notória resistência a parasitas internos, externos e temperaturas elevadas e a boa fertilidade que esses animais apresentam (Macedo, 2006). Em decorrência da necessidade de aumentar a eficiência produtiva e de atender o mercado consumidor, vem sendo desenvolvidos programas de cruzamentos com raças taurinas, como Braford e Brangus, e até mesmo a introdução de novos biótipos. Estes por sua vez, não reúnem as mesmas condições de adaptação dos zebuínos frente das adversidades ambientais, em particular ao calor dos trópicos.

O cruzamento entre raças é uma ferramenta utilizada com o objetivo de se usufruir do ganho de heterose (ganho genético decorrente de combinação de características extremas entre as raças), além da complementaridade das características. Com a heterose é possível aumentar a produtividade dos rebanhos comerciais especialmente naqueles ambientes com maior restrição nutricional e altos níveis de estresses, como os ambientais, por exemplo (Roso & Fries, 2000). A raça Braford tem a composição sanguínea de 3/8 Zebu e 5/8 Hereford, reúne as características de fertilidade, habilidade materna, precocidade, temperamento dócil, volume e qualidade da carne do Hereford com a capacidade de adaptação aos trópicos, resistência aos ectoparasitas, rusticidade e rendimento de carcaça dos zebuínos, além do

benefício indiscutível da heterose, que qualifica ainda mais sua carne (ABHB, 2018).

A escolha da utilização de uma raça não pode ser baseada apenas na capacidade de ganho de peso e no rendimento de carcaça, mas também na eficiência produtiva, adaptabilidade, prolificidade e taxa de sobrevivência (Olivier, 2000). Critérios como a tolerância e adaptação dos animais são determinados pelas variáveis fisiológicas, frequência respiratória e temperatura corporal.

### **2.2.2 Fisiologia da reprodução do touro**

O sistema reprodutivo do touro é constituído por testículos, epidídimos, ductos deferentes, glândulas acessórias (vesículas seminais, próstata, ampolas deferentes e bulbo-uretrais), pênis e prepúcio. Os testículos são localizados dentro da bolsa escrotal, com localização inguinal e posição vertical, possuem duas funções primordiais, a espermatogênica e a endócrina. Estas duas funções ocorrem nos túbulos seminíferos que alcançam cerca 2.000 metros e produzem 20.000 espermatozóides por segundo, e nas células intersticiais, ou nas células de Leydig, que constituem cerca de 7% do volume testicular (Amman & Schanbacher, 1983) e são dependentes dos hormônios gonadotróficos, Luteinizantes e Folículo estimulantes liberados pela adenohipófise. A temperatura escrotal deve ser mantida entre 2 e 6°C abaixo da temperatura corporal para que sejam produzidos espermatozóides férteis, necessitando para isso mecanismos fisiológicos que atuam para manter a termorregulação testicular (Gabaldi & Wolf, 2002; Menegassi et al., 2015). Consequentemente, o aumento da temperatura dos testículos, independentemente da causa, reduz a qualidade seminal (Waites & Setchell, 1990). Além disso, o aumento da temperatura do testículo é um causa comum de infertilidade em touros (Kastelic, 2001).

A manutenção térmica escrotal é determinada 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 hiperemia, edema e traumatismos (Vandermark & Free, 1970; Barth & Bowman, 1994; Menegassi et al., 2015). O cone vascular é formado pelas veias do plexo pampiniforme circundando a artéria testicular, este permite a troca contracorrente de calor, a regulação do fluxo sanguíneo e a perda de calor por irradiação. 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 touro (Blanchard et al., 1992). A pele escrotal é fina, com pouca gordura subcutânea e relativamente sem pelos; contam ainda com os sistemas sanguíneo e linfático bem desenvolvidos, facilitando a perda térmica por irradiação e evaporação. O músculo cremaster e a túnica dartus, relaxam e contraem, afastando ou aproximando os testículos do abdôme, posicionando-os em resposta a temperatura do meio ambiente, o que facilita a preservação do gradiente de temperatura (Kastelic & Coulter, 1993; Barth, 1993).

O epidídimo é um tubo coletor das secreções dos testículos. É dividido em cabeça, corpo e cauda. Nos dois primeiros ocorrem o transporte e a maturação dos espermatozoides, e a cauda tem função reservatória destes. A maturação do espermatozoide significa a aquisição da capacidade fertilizante a qual inclui a obtenção da motilidade, mudanças morfológicas das características de membrana e do metabolismo dos espermatozoides (Hafez & Hafez, 2004). A passagem do espermatozóide através do epidídimo dura cerca de 10 dias no bovino. Na cabeça do epidídimo estão localizados aproximadamente 36% dos espermatozóides, no corpo cerca de 18%, sendo que a cauda do epidídimo tem a capacidade de armazenar de 45% até 70% dos espermatozóides, produzidos diariamente, que aí permanecem até serem ejaculados (Amman & Schanbacher, 1983). Os que não forem ejaculados serão reabsorvidos e excretados periodicamente através da urina. Os ductos deferentes são a continuação do sistema de ductos que vai da cauda do epidídimo até a uretra pélvica.

As glândulas acessórias – vesículas seminais, próstata e bulbo-uretrais – são estruturas localizadas na pélvis, contribuem para a diferença na concentração, volume e características do ejaculado. As glândulas vesiculares são lobuladas e variam de 8 a 10 cm no touro jovem a até 15 cm no adulto, são encontradas em pares, se unem ao ducto deferente (Horst & Hans, 2011), possuem a frutose como principal componente, responsável pelo suprimento energético para os espermatozoides. Seu conteúdo funciona como um sistema tampão impedindo alterações de pH no ambiente ao redor dos espermatozoides. Na próstata é produzida a antiaglutinina, uma proteína que previne a aglutinação dos espermatozoides para se movimentarem livremente, sua secreção é alcalina. As glândulas bulbo-uretrais produzem mucina, conferindo um aspecto gelatinoso ao sêmen e também função de proteção aos espermatozoides. Nas glândulas acessórias é produzido o plasma seminal que atua como veículo para conduzir os espermatozoides do trato reprodutivo masculino para o feminino. O plasma seminal é o maior responsável pelo volume do ejaculado em bovino, visto que o volume produzido pelo esperma é relativamente pequeno em relação ao total do ejaculado (Kastelic & Coulter, 1993).

O pênis é o órgão copulador que tem origem com os pedúnculos no arco isquiático, os quais se juntam e formam a raiz do pênis a qual se transforma no corpo do pênis. O pênis dos ruminantes é fibroelástico e possui uma flexura sigmoide. A glândula, na fase pré-púbere, acha-se aderida ao prepúcio, por um ligamento, que desaparece antes da puberdade, em média aos 17 meses de idade no Nelore (Ashdown, 1973). O prepúcio constitui-se de partes externa e interna que são ligadas ao pênis, contendo glândulas para lubrificação (Horst & Hans, 2011). O prepúcio pode ter variações no comprimento, desde curto até penduloso, forma frequentemente observada nos zebuínos (Silva et al., 1987).

A espermatogênese é o processo pelo qual os gametas masculinos, os espermatozoides, são produzidos. Este processo inicia na fase fetal e continua durante a vida sexual ativa dos animais, de maneira contínua. Acontece nos testículos, os quais estão dispostos simetricamente em cada lado

da linha média escrotal. Este processo é cíclico e ocorre de forma organizada nos túbulos seminíferos, onde as espermatogônias, células diploides, se diferenciam em uma célula haploide madura, o espermatozoide (Johnson et al., 2000). Todo o processo de espermatocitogênese divisional, desde a espermatogônia até espermátide, leva aproximadamente 45 dias no touro. (Garner & Hafez, 2004) Na espermiogênese, as espermátides se diferenciam até espermatozoides, levando aproximadamente 18 dias no touro (Amann & Schanbacher, 1983; Hafez & Hafez, 2004).

A espermatocitogênese ocorre durante o desenvolvimento embrionário, quando células germinativas primordiais migram na direção do saco vitelino do embrião para as gônadas, ainda indiferenciadas, as quais originarão os ovários, nas fêmeas, e os testículos, no macho. Quando atingem a gônada fetal, essas células primordiais dividem-se várias vezes e formam os gonócitos, os quais diferenciam-se antes da puberdade para formar a espermatogônia A0. A espermatogônia A1 divide-se formando a A2, A3 e A4. O tipo A4 divide-se para formar espermatogônias intermediárias e o tipo B. A espermatogônia tipo B divide-se pelo menos uma vez para originar os espermatócitos primários, sua população é proliferativa, cujas células são capazes de se dividir para formar espermatócitos primários (Johnston et al., 2001). Os espermatócitos primários duplicam o seu DNA e sofrem modificações nucleares, dividem-se e formam os espermatócitos secundários. Sem outra síntese de DNA, os espermatócitos secundários resultantes dividem-se novamente para formar as células haploides, conhecidas por espermátides (Bloom & Fawcett, 1975).

Na espermiogênese, as espermátides arredondadas sofrem modificações morfológicas e são transformadas em espermatozoides (Amann & Schanbacher, 1983). São observadas quatro mudanças morfológicas: a fase de Golgi, a da capa, a acrossomal e a fase de maturação. A fase de Golgi é caracterizada por formação de grânulos pró-acrossomais PAS-positivos, dentro do aparelho de Golgi, convalescença dos grânulos dentro de um único grânulo acrossomal, aderência do resultante grânulo acrossomal ao envelope nuclear, e estágios primários do desenvolvimento da cauda no pólo oposto ao da

aderência do grânulo acrossomal. O centríolo proximal migra aproximadamente ao núcleo local, onde se julga que ele forme uma base para a união da cauda à cabeça. A fase de capa é caracterizada pela difusão dos grânulos acrossomais aderentes sobre o núcleo da espermatíde. Esse processo continua até que aproximadamente dois terços da porção anterior de cada núcleo da espermatíde sejam recobertos por um envoltório fino, de dupla camada, que se adere intimamente ao envelope nuclear. A fase acrossomal é caracterizada por modificações nos núcleos, acrossomos e nas caudas das espermatídes em desenvolvimento. As modificações de desenvolvimento são favorecidas pela rotação de cada espermatíde, de modo que o acrossomo é direcionado à base ou à parede externa do túbulo seminífero, e a cauda, por sua vez, em direção ao lúmen. A fase de maturação envolve a transformação final das espermatídes alongadas em células que são liberadas para dentro da luz dos túbulos seminíferos. A modificação da forma do núcleo e do acrossomo de cada espermatíde, iniciada na fase prévia, produz espermatozoides característicos para cada espécie. Dentro do núcleo, os grânulos de cromatina sofrem progressiva condensação até formarem um fino material homogêneo que preenche todo o núcleo dos espermatozoides. A liberação de células germinativas formadas para a luz dos túbulos seminíferos é conhecida por espermição. As espermatídes alongadas, orientadas perpendicularmente para a rede tubular, vão sendo expulsas, gradativamente, para a luz dos túbulos (Hafez & Hafez, 2004).

Os espermatozóides formados pela diferenciação das espermatídes ainda não possuem poder de fecundação. São liberados gradativamente dos túbulos seminíferos para os túbulos retos, alcançam a rete testis e chegam ao epidídimo, onde adquirem mobilidade própria e capacidade fecundante como parte de seu processo de maturação. Durante a espermatogênese, a degeneração aleatória de uma célula em particular pode acontecer a qualquer momento, sem comprometer as outras células que permanecem em divisão ou transformação. Estudos mostram que cerca de, 25% das células germinativas se degeneram durante o transcorrer da espermatogênese (Greep, 1976; Hafez & Hafez, 2004).

### **2.3 Conforto térmico de bovinos de corte**

A zona de conforto térmico ou termoneutralidade é a faixa de temperatura ambiente na qual o animal homeotérmico praticamente não utiliza o seu sistema termorregulador (Titto, 1998). Essa zona depende de diversos fatores, sendo alguns ligados ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética e outros ligados ao ambiente como a temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar e radiação (Swenson & Reece, 1996; Cattelam, 2013). Em conforto térmico o gasto de energia para manutenção é mínimo, ocorrendo maior eficiência produtiva e reprodutiva (Mellace, 2009). Dentro da zona de termoneutralidade o custo de energia fisiológica é mínimo, a retenção de energia na dieta é máxima, a temperatura corporal e o apetite são normais e a produção é ótima (Hogberg et al.,2003). O gasto de manutenção do animal ocorre a um nível mínimo e, assim, a energia do organismo pode ser dirigida para os processos produtivos, além dos de manutenção, não ocorrendo desvio de energia para manter o equilíbrio fisiológico, o qual, em caso de estresse, pode ser rompido (Meireles, 2005).

Quando a temperatura do ambiente se encontra acima da zona de conforto, o animal aciona seus mecanismos termolíticos, como a vasodilatação periférica, dissipando o calor principalmente por radiação e convecção. À medida que a temperatura se eleva e ultrapassa a temperatura crítica superior, o centro termorregulador dá início à termólise, especialmente por via evaporativa, intensificando a sudorese, que por sua vez é complementada com o aumento na evaporação respiratória através do ofegação. Se esses mecanismos não forem suficientes para perda do calor e não houver restabelecimento do equilíbrio térmico, a temperatura do corpo começará a se elevar, iniciando a redução nas atividades da tireoide, com redução na ingestão de alimentos, alterações comportamentais (como procura por sombra e modificações na postura) e queda no desempenho produtivo e reprodutivo.

As raças taurinas e zebuínas possuem diferenças morfológicas e fisiológicas que refletem nas mudanças ambientais onde esses animais se adaptaram, como diferentes seleções genéticas aplicadas ao longo do tempo, dentre essas diferenças, destacam-se as zonas de conforto térmico para produção (Bianca, 1965). A zona de conforto térmico dos taurinos é entre  $-1^{\circ}\text{C}$  e  $16^{\circ}\text{C}$ , enquanto para zebuínos é de  $10^{\circ}\text{C}$  a  $27^{\circ}\text{C}$  (Baêta & Souza, 1997). As melhores condições de temperatura e umidade relativa para a maioria dos bovinos, em termos gerais, estão em torno de  $13$  a  $18^{\circ}\text{C}$  e  $60$  a  $70\%$ , respectivamente, segundo Pires et al (2003), sendo que para vacas em lactação esta faixa estende-se de  $4^{\circ}\text{C}$  a  $24^{\circ}\text{C}$  (Martello, 2002), entre  $18$  e  $21^{\circ}\text{C}$  para bovinos recém-nascidos, reduzindo-se aos limites de  $7^{\circ}\text{C}$  a  $21^{\circ}\text{C}$  em função da umidade relativa do ar e da radiação solar (Nääs & Silva, 1998).

Os reprodutores representam a principal categoria sensível ao calor nestes sistemas de produção nos trópicos e dessa forma, torna-se imprescindível o conhecimento da capacidade de adaptação dos novos agrupamentos genéticos para identificar aqueles mais bem adaptados (Marai et al., 2008). O comportamento sexual de touros europeus pode ser afetado pelo calor (Chenoweth, 1981), enquanto touros zebus não têm apresentado diminuição da libido sob alta temperatura e umidade (Crichton & Lishman, 1988). Touros europeus pouco adaptados a climas mais quentes se desgastam mais rapidamente e tendem a buscar meios que os ajudem a alcançar homeostase: buscam sombra, aumentam ingestão de água, diminuem os períodos de pastejo e no decorrer da estação de monta debilitam-se a ponto de diminuir sua vida útil no rebanho (Costa e Silva, 1995). Os animais que apresentam menor aumento na temperatura retal e menor frequência respiratória são considerados mais tolerantes ao calor (Baccari Jr et al., 1996).

Quando os animais são expostos continuamente às mudanças do meio ambiente, eles podem desenvolver mudanças estruturais e funcionais, baseadas em sua genética e epigenética, que resultam em um aumento na sua capacidade de viver neste ambiente, sem estresse (Peaston & Whitelaw, 2006). Estas mudanças são coletivamente designadas de aclimatização. Certas condições ambientais podem resultar em pouco ou nenhum distúrbio

para um ser vivo em particular enquanto outras podem ser tão severas que a sua sobrevivência estará na dependência da sua habilidade em se adaptar às mesmas (Bernardi e Patiño, 2001).

### 2.3.1 Índice de temperatura e umidade

O estresse calórico pode ser medido através de marcadores ambientais, fisiológicos, clínicos e produtivos. Nos indicadores ambientais, as alterações do binômio temperatura e umidade são fundamentais na determinação dos índices de conforto térmico (Armstrong, 1994), e podem ser expressas por meio de um índice de conforto térmico denominado Índice de Temperatura e Umidade (ITU), preconizado por Thom (1959). Este índice têm sido um preditor da ocorrência de problemas relacionados ao estresse calórico, em particular para bovinos leiteiros.

O ITU pode ser calculado conforme a seguinte fórmula (The National Research Council, 1971):

$$ITU = (1,8 Ta + 32) - (0,55 - 0,55 Ur) (1,8 Ta - 26)$$

Onde, Ta = temperatura ambiente (°C) e Ur = umidade relativa do ar, neste caso expressa sobre 1.

Segundo Baêta (1985), o ITU pode ser classificado da seguinte forma: <74 = conforto; 74-78 = alerta; 79-84 = perigo; >84 = emergência. Em condições de ITU superior a 70 os animais começam a acionar os mecanismos fisiológicos para manter o equilíbrio interno, principalmente de temperatura e de balanço hídrico.

A maioria dos estudos que avaliam os efeitos do estresse térmico sobre o desempenho reprodutivo de touro são realizados através da simulação do ambiente natural em câmaras climáticas ou por insulação escrotal (Kastelic et al., 1996, 2001; Fernandes et al., 2008). Esses estudos geralmente avaliam as variáveis de temperatura e umidade, que são expressos pelo índice de conforto térmico representado pelo ITU. A premissa básica é que um valor igual ou superior a 72 caracteriza um estresse ambiental para bovinos (West, 2003;

Correa-Calderon et al., 2004; Bohmanova et al., 2007). No entanto, poucos estudos avaliaram a qualidade espermática dos touros à campo em situações de alto ITU ambiental, devido a dificuldades na realização de experimentos em ambiente natural (Ravagnolo et al., 2000; Bouraoui et al., 2002).

Menegassi et al. (2015) através de experimento a campo com touros da raça Brangus na região subtropical, encontrou anormalidades primárias nos espermatozoides durante o verão, sugerindo que o estresse ambiental interferiu nos processos espermatogênicos com ITU máximo no verão de 83,8 durante a espermiogênese.

Com touros da raça Braford e Nelore, mantidos na região tropical, sob ITU máximo de 89,71 e Índice de Temperatura Equivalente de 29,02, durante a espermiogênese na estação chuvosa também foi observado que a qualidade seminal não foi prejudicada na raça Braford (Menegassi et al., 2016b).

#### **2.4 Estresse calórico**

O estresse provoca uma série de alterações orgânicas nos animais domésticos, com repercussões em todos os órgãos e sistemas, a resposta do animal ao estresse é expressa por um aumento na produção e liberação de vários hormônios, neurotransmissores e eicosanóides. Muitas prostaglandinas aumentam a inibição da maturação e diferenciação das funções dos linfócitos (Breazile, 1988). Como consequência, o sistema imunológico, bem como o sistema reprodutor é atingida pela síndrome estresse. As alterações hematológicas em bovinos, induzidas por estresse agudo e crônico também são descritas, neutropenia, trombocitopenia e notáveis aumentos da concentração de glicose, creatinina e cortisol no sangue são observados (Bennet et al., 1989). Estressores podem ser responsabilizados por uma reduzida eficiência reprodutiva. Por outro lado, apesar de o estresse representar um risco para a reprodução dos animais de ambos os sexos, as fêmeas parecem ser mais vulneráveis (Moberg, 1985). Os efeitos deletérios na reprodução ocorrem pelo estresse induzido por elevações de temperatura do

meio ambiente, já que quando o calor é severo, ocorrem alterações de metabolismo, do fluxo sanguíneo, da respiração, do apetite e de outros sistemas fisiológicos, na tentativa de manter a homeotermia (Hansen & Ealy, 1991). Desta forma, falhas na reprodução podem servir como indicadores de que o estresse, associado ao manejo, tenha um significativo impacto na vida dos animais. Portanto, eventos de monitoramento reprodutivo podem ser importantes para se avaliar as práticas de manejo dos animais.

Altas temperaturas podem comprometer a termorregulação corporal nos mecanismos de dissipação do calor, causando estresse calórico (Tizikara et al., 1985; Armstrong, 1994; Silanikove, 2000). Em dias quentes na região tropical, a temperatura testicular pode aumentar e prejudicar o ciclo da espermatogênese e a qualidade do sêmen, causando redução na fertilidade dos touros (Ladds et al., 1985; Roberts, 1986; Marai et al., 2008). Nichi et al. (2006) concluiu que altas temperaturas interferem no metabolismo oxidativo da glicose em células espermáticas, como resultado de disfunções mitocondriais e geração de espécies reativas ao oxigênio. Essas alterações metabólicas ocorrem como resultado do estresse térmico, causando a exaustão das reservas energéticas celulares e conduzindo a novas estratégias adaptativas no metabolismo homeotérmico (Baumgard & Rhoads, 2013; Rhoads et al., 2013). Portanto, as células espermáticas podem utilizar tais estratégias de adaptação para permitir a manutenção de suas funções metabólicas.

As mudanças nas funções biológicas dos animais devido ao estresse calórico incluem a depressão na alimentação (consumo e utilização), distúrbio no metabolismo da água, energia, proteína e minerais, reações enzimáticas, secreções hormonais e metabólitos do sangue (Habeeb et al., 1992), ocasionando diminuição do peso corporal, ganho médio diário de peso, e taxa de crescimento corporal, bem como alto impacto nos índices produtivos e reprodutivos, com redução na manifestação deaios, taxa de concepção e sobrevivência de embriões por parte das fêmeas e diminuição da espermatogênese nos machos (Vanderark & Free, 1970; Collier et al., 1982; De Rensis & Scaramuzzi, 2003; Burns et al., 2010; Cruz et al., 2011). O estresse calórico prejudica a normalidade da função testicular e afeta negativamente a

capacidade fecundante dos espermatozoides produzidos e põe em risco o desenvolvimento de embriões gerados a partir de gametas anormais (Vale Filho e colaboradores, 1981), a partir do momento que os mecanismos fisiológicos não conseguem compensar os efeitos dos agentes estressores, algumas anormalidades podem prejudicar a espermatogênese deste animal (Coulter, 1988; Gabaldi et al., 1999).

#### **2.4.1 Qualidade seminal**

A espermatogênese é um processo delicado e qualquer fator capaz de alterar esse processo resulta na produção de espermatozoides anormais e causa conseqüentemente, queda na qualidade seminal (Garcia, 2004). As alterações morfológicas dos espermatozoides começaram a ser observadas sob microscopia óptica e então, relacionadas com a baixa fertilidade em touros (Anderson, 1900).

O efeito que o aumento da temperatura ambiente tem sobre a qualidade do sêmen tem sido amplamente divulgado. O aumento da temperatura interna acima dos limites fisiológicos causa uma termorregulação testicular desequilibrada, podendo resultar em degeneração testicular (Cheminau, 1994; Kastelic et al., 2001). Os efeitos ambientais sobre as características seminais tem sido descritas por alguns autores (Nichi et al., 2006; Menegassi et al., 2015, 2016a, 2016b), mostrando que há influência significativa da temperatura ambiental sobre o pH do sêmen e negativa sobre o volume e a capacidade de sobrevivência in vitro dos espermatozoides (Silva, 2000). Temperaturas corporais elevadas durante períodos de temperatura ambiental elevada podem levar a degeneração testicular e reduzem a porcentagem de espermatozoides normais e férteis na ejaculação (Meyerhoeffer et al., 1985). Menegassi e colaboradores (2015) encontraram correlação negativa do gradiente de temperatura escrotal medido pela termografia de infravermelho nos pólos proximais e distais do saco escrotal de touros e observaram que o ITU de 83 no verão diminuiu a qualidade espermática, mas não na intensidade suficiente para promover danos

morfológicos nos espermatozóides. Ainda assim, existem variações sazonais na qualidade do sêmen chamada “esterilidade de verão”, um fenômeno caracterizado pela queda transitória na fertilidade de animais nos meses mais quentes (Kumi-Diaka et al., 1981). As alterações morfológicas encontradas em touros da raça Angus, de acordo com a alteração no ITU, não foram cruciais para eliminar animais no exame andrológico. Estudos mostraram que alterações morfológicas dos espermatozóides classificadas como peça intermediária reflexa estão associadas a baixa concentração de testosterona ou relacionadas ao estresse por calor (Cassady et al., 1953, Barth & Bowman, 1994). Barth (2000), estudando touros Angus e Jersey, encontrou uma predisposição hereditária desse defeito espermático. Essas alterações provavelmente foram devidas a mudanças devido ao estresse térmico e aumento da presença de patologias seminais em animais menos adaptados.

Segundo Skinner & Louw (1966), houve redução na qualidade do sêmen em touros submetidos a temperatura ambiente de 40 °C, umidade relativa de 35 a 45 % durante mais de 12 horas. Além disso, touros *Bos taurus* são mais suscetíveis do que os touros *Bos indicus* a temperaturas ambientes elevadas. Em touros cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*), houve diminuição da qualidade seminal, porém, a qualidade ainda foi melhor do que dos touros *Bos taurus* expostos a altas temperaturas ambientais, ocorrendo mais tarde uma recuperação mais rapidamente nos cruzados (Johnston et al., 1963).

Quando a temperatura testicular é aumentada, a morfologia dos espermatozóides é geralmente afetada, para um intervalo correspondente ao tempo de trânsito epididimário, mas com posterior declínio (Barth & Oko, 1989). A morfologia espermática geralmente retorna aos valores iniciais antes da injúria térmica dentro de aproximadamente seis semanas após o insulto térmico (Vogler et al., 1991). No entanto, aumentos prolongados na temperatura dos testículos aumenta o intervalo de recuperação. Em geral, a diminuição da qualidade do sêmen na sequência da temperatura testicular aumentada está relacionada com a severidade e a duração da lesão térmica (Kastelic, 2001).

Todas as fases da espermatogênese são suscetíveis, com o grau de dano relacionado ao grau e duração do aumento da temperatura (Waites &

Setchell, 1990). Espermatócitos em prófase meiótica sofrem apoptose pelo calor, enquanto que os espermatozoides que são mais maduros geralmente têm anormalidades metabólicas e estruturais (Setchell et al., 1971).

### **3 HIPÓTESE**

Os touros da raça Braford apresentam diferenças na qualidade seminal quando expostos aos distintos climas do Brasil.

#### **4 OBJETIVO**

Avaliar a performance reprodutiva de touros da raça Braford, através das variáveis climáticas e as suas relações com as características seminais de touros mantidos em diferentes climas do Brasil.

## CAPÍTULO II<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Artigo a ser enviado para revista

## Vulnerabilidade de touros braford ao estresse calórico

**Marcela Kuczynski da Rocha, Silvio Renato Oliveira Menegassi, Carolina Gabriela Becker Berlitz, Júlio Otávio Jardim Barcellos.**

### Resumo

O estresse calórico leva a perdas econômicas na produção de bovinos de corte em regiões temperadas, subtropicais e tropicais. Quando animais são continuamente expostos às mudanças ambientais, alguns indivíduos desenvolvem mudanças estruturais e funcionais que resultam em prejuízos em seu desempenho. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a performance reprodutiva de touros da raça Braford submetidos a diferentes Índices de Temperatura e Umidade (ITU) e seus efeitos sobre as características seminais de touros mantidos em diferentes climas do Brasil. Foram utilizadas amostras de sêmen de setenta e seis touros da raça Braford (5/8 Hereford x 3/8 Nelore), de seis propriedades rurais localizadas no municípios de Rondonópolis (MT), Porto Nacional (TO) e Rio Verde (GO); Uruguaiana (RS), São Gabriel (RS) e Lages (SC), coletados em quatro períodos (época do ano) para avaliação de suas características. Os dados climáticos foram coletados de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia de cada localidade. O ITU foi calculado referente ao período de 30, 18 (espermiogênese) e 12 dias (trânsito epididimário) antes da coleta seminal. Os maiores ITU foram observados no verão em Uruguaiana (83,38; 83,17 e 83,69, respectivamente); durante a estação chuvosa em Rondonópolis (79,94; 79,80 e 80,15). Os menores valores de ITU foram observados durante o outono e inverno de Lages para o período de 30 dias (51,66 e 52,07), espermiogênese (52,41 e 50,03) e no trânsito epididimário foi menor no outono de Lages (50,53); Rio Verde na estação chuvosa para todos os períodos (72,63; 72,05 e 73,50). Na qualidade seminal, turbilhonamento (T), motilidade (M) e vigor (V) possuem interação de local e estação, mostrando-se menores no inverno de São Gabriel ( $2,87 \pm 0,61$ ;  $60,60 \pm 10,80$  e  $2,87 \pm 0,51$ ). Os defeitos espermáticos totais foram superiores em Uruguaiana ( $21,42 \pm 1,26$ ). Em Rio Verde, T, M e V foram menores ( $2,69 \pm 0,17$ ;  $63,79 \pm 4,01$  e  $2,69 \pm 0,17$ ) e maiores percentuais de defeitos maiores e menores ( $29,01 \pm 3,24$  e  $16,02 \pm 1,80$ ). Apesar dos altos índices de ITU, a qualidade seminal não mudou significativamente para reprovar algum touro ao exame andrológico durante todas as estações, mostrando que os touros Braford são capazes de trabalhar a campo sob diferentes climas quentes, demonstrado pelo ITU.

**Palavras-chave:** Adaptação, Índice de Temperatura e Umidade, Mudanças climáticas, Qualidade seminal.

## Vulnerability to heat stress of Braford bulls

**Marcela Kuczynski da Rocha, Silvio Renato Oliveira Menegassi, Carolina Gabriela Becker Berlitz, Júlio Otávio Jardim Barcellos.**

### **Abstract**

Heat stress leads to economic losses in the production of beef cattle in temperate, subtropical and tropical regions. When animals are continually exposed to environmental changes, some individuals develop structural and functional changes that have resulted in impairments in performance. The aim of this study was to evaluate the reproductive performance of Braford bulls, through the Temperature and Humidity Index (THI) and its relationships with the seminal characteristics of bulls sustained in different climates of Brazil. Seventy-six Braford bulls (5/8 Hereford x 3/8 Nellore) were used, of 6 farms located in the cities of Rondonópolis (MT), Porto Nacional (TO) and Rio Verde (GO); Uruguaiana (RS), São Gabriel (RS) and Lages (SC). The seminal evaluation was performed four times at each location. Temperature and air humidity data were collected every hour from the automatic weather station at the National Institute of Meteorology. The THI was analyzed in the period of 30, 18 (spermiogenesis) and 12 days (epididymal transit) before seminal collection. The highest THI were observed in the summer of Uruguaiana (83.69; 83.17 and 83.69, respectively) and in the rainy season of Rondonópolis (79.94; 79.80 and 80.15). The lowest values of THI were observed in the autumn and winter of Lages for the period of 30 days (51.66 and 52.07), spermiogenesis (52.41 and 50.03) and in epididymal transit was lower in the autumn of Lages (50.53); Rio Verde in the rainy season for all periods (72.63; 72.05 and 73.50). In sperm quality, mass motion (MM), motility (M) and vigor (V) have local and season interaction, showing lower in winter of São Gabriel ( $2.87 \pm 0.61$ ;  $60.60 \pm 10.80$  and  $2.87 \pm 0.51$ ). The total defects were higher in Uruguaiana ( $21.42 \pm 1.26$ ). In Rio Verde, MM, M and V were lower ( $2.69 \pm 0.17$ ;  $63.79 \pm 4.01$  and  $2.69 \pm 0.17$ ) and higher percentages of major and minor defects ( $29.01 \pm 3.24$  and  $16.02 \pm 1.80$ ). Despite the high THI indexes, the sperm quality has not changed significantly to reject a bull during BBSE exam during all seasons, showing that Braford bulls are able of field service under different hot climates, as demonstrated by the THI.

**Keywords:** Adaptability, Climate change, Sperm quality, Temperature and Humidity Index.

## Introdução

Os indivíduos desenvolveram adaptações estruturais e funcionais frente as mudanças ambientais que resultaram no aumento da capacidade de sobrevivência, através de estratégias de termorregulação. Certas condições ambientais podem resultar em pouco ou nenhum distúrbio para um indivíduo em particular, enquanto outras podem ser tão severas que a sua sobrevivência dependerá da sua habilidade em se adaptar (Silva, 2000). As estratégias empregadas para entrentar os desafios do estresse calórico caracterizam raças, espécies e indivíduos.

O estresse calórico leva a perdas econômicas na produção de bovinos de corte em regiões temperadas, subtropicais e tropicais (Ahmed et al., 2015), pois em situações de estresse, o corpo demanda excessiva energia física e mental devido aos fatores aversivos ocasionarem desequilíbrios fisiológicos. Os resultados dessas mudanças nas funções biológicas desses animais incluem diminuição do peso corporal, ganho médio diário de peso e taxa de crescimento corporal, bem como alto impacto nos índices produtivos e reprodutivos, com redução na manifestação deaios, taxa de concepção e sobrevivência de embriões por parte das fêmeas e diminuição da espermatogênese nos machos (Vandermark & Free, 1970)

Uma vez identificados os animais superiores, em se tratando da capacidade de adaptação ao meio ambiente, alguns critérios permitem selecionar os indivíduos superiores para ambientes específicos (Silva e Maia, 2013). Índices estimados a partir de dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento), como o Índice de Temperatura e Umidade (Thom, 1959), desenvolvido para uso em humanos, pode ser adaptado e aplicado em animais de produção. Os resultados gerados são capazes de auxiliar na gestão ambiental racional e permite decisões relacionadas ao desempenho, saúde e bem-estar animal (Hahn et al., 2003).

O aumento na temperatura interna do corpo acima dos limites fisiológicos e a termorregulação escrotal testicular desequilibrada pode resultar em degeneração testicular (Cheminau, 1994; Kastelic et al., 2001). Deve ser

consideraro que a espermatogênese é um processo delicado e qualquer fator capaz de alterar esse processo resulta na produção de espermatozoides anormais e conseqüentemente, resulta em queda na qualidade seminal e pode influenciar no desempenho reprodutivo do touro.

Considerando os problemas que o ambiente desencadeia no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, o Índice de Temperatura e Umidade tem sido utilizado como parâmetro climático para avaliar as alterações morfológicas nos parâmetros seminais de touros da raça Nelore e Braford (Menegassi et al., 2016a), cujos efeitos sobre o sêmen nos diferentes ambientes tem sido avaliados (Venter et al., 1973; Nichi et al., 2006; Valeanu et al., 2015). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características seminais de touros da raça Braford, submetidos em dois regimes climáticos definidos, tropical e subtropical.

## **Materiais e métodos**

### *Animais e dados climáticos*

Foram avaliados setenta e seis touros da raça Braford (5/8 Hereford x 3/8 Nelore) com idade inicial de 24 meses, maduros sexualmente, pertencentes a fazendas localizadas em seis municípios brasileiros dispostos conforme a Tabela e Figura 1. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Projeto 26250, CEUA/UFRGS).

Os animais foram mantidos nas mesmas condições ambientais dentro de cada local, em sistemas a pasto, com acesso a água e sombra a vontade, suplementados com sal mineral, e sob controle de endo e ectoparasitas.

**Tabela 1.** Descrição dos experimentos em número de animais, localização, altitude e classificação climática.

EXP	MUN	E	NA	RC	Localização		ALT	CC*	PC
					O	S			
I	Uruguaiana (URU)	RS	14	ST	57°08'	29°45'	62	Cf	03/02/2012 até 13/09/2012
II	Rondonópolis (RON)	MT	11	TP	54°19'	03°28'	114	Aw	16/09/2014 até 11/03/2015
III	Porto Nacional (PON)	TO	13	TP	48°41'	10°42'	239	Aw	18/08/2015 até 09/10/2016
IV	São Gabriel (SAG)	RS	8	ST	54°11'	30°15'	115	Cf	18/11/2015 até 19/07/2016
V	Lages (LAG)	SC	15	ST	50°33'	27°33'	1040	Cfb	15/12/2015 até 11/07/2016
VI	Rio Verde (RVE)	MG	15	TP	50°53'	17°38'	780	Aw	04/10/2016 até 06/02/2017

EXP (experimento), MUN (município), E (estado), NA (nº de animais), RC (região climática), O (oeste), S (sul), ALT (altitude em metros), CC (classificação climática), PC (Período de coletas), ST (subtropical), TP (tropical). \*A classificação climática foi realizada de acordo com Köppen-Geiger: Cf (clima temperado húmido sem estação seca); Cfb (clima temperado húmido com Verão temperado); Aw (clima tropical com estação seca de Inverno).

Os experimentos I, IV e V estavam localizados na região subtropical, com quatro estações do ano bem definidas (outono, inverno, primavera e verão), sendo realizada uma coleta de sêmen por estação. Porém, duas coletas de sêmen por estação foram realizadas nos experimentos II, III e VI localizados na região tropical, com apenas duas estações do ano, chuvosa (Outubro a Abril) e a seca (Maio a Setembro). As amostras experimentais foram originadas de quatro ejaculados por animal, com intervalo mínimo de 60 dias entre cada coleta.



**Figura 1.** Localização geográfica dos experimentos dispostos no mapa do Brasil.

#### *Avaliação reprodutiva*

No início do experimento, os touros apresentavam mesmo escore de condição corporal e foram submetidos a uma avaliação andrológica, constituída de um exame clínico geral, exame clínico genital e avaliação seminal, todos os animais pertencentes aos experimentos foram considerados aptos sexualmente. Os animais foram coletados por meio do eletroejaculador Pulsator IV (Lane Manufacturing Denver, CO, USA).

O turbilhonamento (T) foi determinado colocando uma gota de 10  $\mu$ L de sêmen em uma lâmina de microscópio pré-aquecida (37° C), e a borda da gota foi examinada usando um microscópio óptico em uma ampliação de 40X. O turbilhonamento recebeu uma pontuação variando de 0 a 5 cruces: 0 = sem movimento, + = nenhum redemoinho com oscilação generalizada individualmente de espermatozóides, ++ = redemoinho muito lento e distinto, +++ = redemoinho lento e distinto, ++++ = redemoinho moderadamente rápido e distinto, e +++++ = redemoinho rápido e distinto com a aparência de sêmen

de boa qualidade. A motilidade (M) espermática foi examinada em microscópio óptico em aumento de 100X, onde uma alíquota de 5  $\mu$ L de sêmen foi colocada em uma lâmina pré-aquecida e coberta com uma lamínula. A avaliação do percentual de espermatozoides em movimento variou de 0 to 100 %. O Vigor (V) foi avaliado em uma escala de 0 a 5 de acordo com o movimento progressivo dos espermatozoides, onde: 0 = nenhum; 1 = muito fraco; 2 = fraco 3 = intermediário; 4 = forte e 5 = muito forte.

Para a avaliação da morfologia dos espermatozoides, uma alíquota de sêmen por ejaculado foi coletada e diluída em solução salina-formaldeído (1:10). Os espermatozóides foram avaliados com coloração de eosina-nigrosina usando um microscópio de campo brilhante. Os defeitos espermáticos maiores (DMa) foram considerados os seguintes: defeito de acrosoma, cabeça anormal, cabeça dupla, cabeça pequena anormal, gota protoplasmática proximal, defeito da peça intermediária, cauda acessória e cauda fortemente dobrada. Os defeitos espermáticos menores (DMe) incluíam gota protoplasmática distal, implante abaxial, cauda dobrada e cabeça destacada. Os defeitos totais (DT) foram considerados contabilizando 200 espermatozóides de cada amostra, e a classificação dos espermatozóides foi realizada como descrito por Barth (2000). Segundo o critério utilizado por Pineda & Faulkner (1980), foi considerado para análise de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e sua relação com sêmen, um período de 432h antes da coleta seminal, o qual corresponde ao dia 18 da fase de espermiogênese, seguida pelo trânsito epididimário (12 dias), totalizando 30 dias.

#### *Cálculo do Índice de Temperatura e Umidade*

Os dados de temperatura e umidade do ar foram coletados a cada hora a partir das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), situadas o mais próximo das propriedades e representando o clima da região.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foram estimados a partir da seguinte equação descrita por The National Research Council (1971):

$$THI = \left( (1,8 * Tdb) + 32 \right) - \left( 0,55 - (0,55 * RH) - 26 \right)$$

onde, Tbd é a temperatura do ar em bulbo seco (°C) e RH é a umidade relativa do ar (%).

### *Análise estatística*

Os dados foram analisados através do teste de ANOVA através do software estatístico SPSS v17.0 (SPSS Inc., 2009). A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ). A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância a 5% ( $P < 0,05$ ). A correlação de Pearson foi utilizada para correlacionar ITU, suas faixas de classificação e os parâmetros seminais dos touros.

## **Resultados e Discussão**

Os Índices de Temperatura e Umidade no período de 30 dias, na espermiogênese (18 dias) e no trânsito epididimário (12 dias) foram significativamente maiores durante o verão de Uruguaiana (83,38; 83,17 e 83,69, respectivamente), considerada subtropical. Durante a estação chuvosa os maiores valores ( $P < 0,01$ ) para o ITU foram observados em Rondonópolis (79,94; 79,80 e 80,15). De um modo geral, na região tropical, com exceção de Rio Verde, durante a estação chuvosa foram encontrados maiores valores de ITU do que no período seco. Os menores ITU na região subtropical foram observados durante o outono e inverno em Lages para o período de 30 dias (51,66 e 52,07), espermiogênese (52,41 e 50,03) e no trânsito epididimário (50,53), indicando que o outono e inverno são semelhantes nessa localidade. Por outro lado, na região tropical, os menores valores foram encontrados em Rio Verde durante a estação chuvosa para todos os períodos (72,63; 72,05 e 73,50) ( $P < 0,01$ ). Houve interação de local e estação em todas as coletas, nas

duas regiões. As médias de ITU observadas durante as avaliações seminais indicam que as variáveis como a umidade relativa do ar e a temperatura são cruciais na avaliação do estresse climático, uma vez que esse índice pode ser usado para determinar a característica da estação chuvosa na região tropical (Menegassi, 2016a). O fator que mais contribui para o aumento desse índice é a umidade, uma vez que, quando a umidade do ar é baixa, a evaporação é facilitada, caso contrário, a evaporação será lenta ou mesmo nula (Wilson et al., 2007). Os valores obtidos do ITU são mostrados na Tabela 2 para a região tropical e Tabela 3 para a região subtropical.

**Tabela 2.** Descrição ambiental da região tropical, onde os touros de Braford foram mantidos durante o período experimental do projeto.

Mun	SECA	CHUVOSA	P estação	P local	P interação
<i>ITU 30 dias</i>			0,000	0,000	0,000
<b>RON</b>	76,72 ± 0,73 Ba	79,94 ± 0,17 Aa			
<b>RVE</b>	74,08 ± 0,46 Bb	72,63 ± 0,27 Ab			
<b>PON</b>	78,02 ± 0,26 Ba	79,62 ± 0,20 Aa			
<i>ITU 18 dias</i>			0,000	0,000	0,000
<b>RON</b>	76,27 ± 1,05 Ba	79,80 ± 0,25 Aa			
<b>RVE</b>	72,82 ± 0,66 Ab	72,05 ± 0,34 Ab			
<b>PON</b>	77,98 ± 0,33 Ba	79,75 ± 0,24 Aa			
<i>ITU 12 dias</i>			0,000	0,199	0,000
<b>RON</b>	77,40 ± 0,93 Aa	80,15 ± 0,23 Aa			
<b>RVE</b>	75,96 ± 0,45 Bb	73,50 ± 0,42 Bb			
<b>PON</b>	78,07 ± 0,41 Aa	79,42 ± 0,35 Aa			

Mun (Município), EP (Erro padrão), P (valor de P), ITU 18/12 (Índice de Temperatura e Umidade relativo a espermatogênese/trânsito epididimário), RON (Rondonópolis), RVE (Rio Verde), PON (Porto Nacional). Letras maiúsculas na linha P < 0,01. Letras minúsculas na coluna P < 0,01.

Os resultados de ITU observados durante a espermiogênese (18 dias) e trânsito epididimário (12 dias) antes da coleta de sêmen não foram suficientemente prejudiciais para provocar alterações na morfologia seminal durante a espermatogênese. Este resultado corrobora com o observado por Menegassi et al. (2015) que não encontrou alterações morfológicas nos espermatozoides durante a espermiogênese com ITU de 93,0 (espermiogênese) e 88,0 (trânsito epididimário) em touros da raça Brangus na região subtropical. Assim como, em touros da raça Braford e Nelore com ITU

**Tabela 3.** Descrição ambiental da região subtropical onde os touros de Braford foram mantidos durante o período experimental do projeto.

Mun	PRIM	VER	OUT	INV	P estação	P local	P interação
<i>ITU 30 dias</i>					0,000	0,000	0,000
<b>LAG</b>	62,09 ± 0,51 Fa	65,65 ± 0,42 Ea	51,66 ± 0,60 Ha	52,07 ± 0,80 Ha			
<b>SAG</b>	68,98 ± 0,23 Db	75,51 ± 0,19 Bb	61,69 ± 0,32 Fb	57,92 ± 0,27 Gb			
<b>URU</b>	71,69 ± 1,15 Bcd	83,38 ± 0,87 Ac	76,02 ± 1,16 Cbc	64,54 ± 1,58 Ecd			
<i>ITU 18 dias</i>					0,000	0,000	0,000
<b>LAG</b>	61,06 ± 0,64 GHa	65,59 ± 0,53 Fa	52,41 ± 0,80 Ja	50,03 ± 0,96 Ja			
<b>SAG</b>	67,68 ± 0,30 Eb	75,09 ± 0,23 Cb	62,52 ± 0,47 Gb	59,82 ± 0,36 Ib			
<b>URU</b>	71,36 ± 1,73 Dcd	83,17 ± 1,31 Ac	79,63 ± 0,79 Bd	67,52 ± 2,29 Ed			
<i>ITU 12 dias</i>					0,000	0,000	0,000
<b>LAG</b>	63,63 ± 0,78 Ea	65,73 ± 0,69 Da	50,53 ± 0,89 Ia	55,12 ± 1,23 Ha			
<b>SAG</b>	70,92 ± 0,33 Cb	76,14 ± 0,31 Bb	60,45 ± 0,36 Gb	55,07 ± 0,33 Ha			
<b>URU</b>	72,18 ± 1,33 Cc	83,69 ± 1,05 Ac	70,60 ± 1,71 Cc	60,09 ± 1,16 Fc			

Mun (Município), PRIM (Primavera), VER (Verão), OUT (Outono), INV (Inverno), EP (Erro padrão), P (valor de P), ITU 18/12 (Índice de Temperatura e Umidade relativo a espermatogênese/trânsito epididimário), LAG (Lages), SAG (São Gabriel), URU (Urugaiana). Letras maiúsculas na linha P < 0,01. Letras minúsculas na coluna P < 0,01.

de 90,02 mantidos na região tropical (Menegassi et al., 2016a).

Ambas as regiões, subtropical e tropical, mostraram uma variação significativa entre as estações que classificam o verão e o período chuvoso como os mais estressantes, devido ao calor ter grande impacto no crescimento e bem-estar dos animais, assim como relacionou Brown-Brandl et al. (2010). Mader et al. (2010) utilizaram modelos experimentais que incluem a velocidade do vento e a radiação, e afirmam que tais modelos são importantes para garantir a produção ideal de bovinos através da mitigação dos efeitos ambientais garantindo o melhor conforto térmico. Estes períodos estão relacionados com quatro principais fatores: as condições climáticas (Hahn et al., 1969), a suscetibilidade do indivíduo (St-Pierre et al., 2003), os manejos utilizados para minimizar os efeitos do estresse (Gaughan et al. 2004; Brown-Brandl et al., 2010, 2013) e a resiliência como potencial de adaptação à mudança (Huey et al., 2012). Estes efeitos em bovinos de corte que ocasionaram diminuição da eficiência produtiva foram discutidos por St-Pierre et al (2003), porém, estes efeitos têm menor impacto na produção de calor corporal comparado com bovinos de leite.

Em relação a análise seminal dos touros mantidos na região tropical (Tabela 4), o turbilhonamento, a motilidade e o vigor foram menores ( $P < 0,01$ ) em Rio Verde ( $2,69 \pm 0,17$ ;  $63,79 \pm 4,01$  e  $2,69 \pm 0,17$ ) comparados com as outras localidades. As maiores alterações na morfologia espermática foram identificadas em Rio Verde nos defeitos totais e menores ( $29,01 \pm 3,24$  e  $16,02 \pm 1,80$  ( $P < 0,01$ )). Nos defeitos menores, não houve diferença significativa entre os experimentos e as estações do ano. É importante salientar que o sêmen coletado por eletroejaculação não é representativo de uma ejaculação completa em relação ao volume e à concentração, porém, a motilidade e morfologia espermática não diferem de um ejaculado coletado com vagina artificial (León et al., 1991; Palmer et al . 2005).

**Tabela 4.** Características seminais dos touros da raça Braford, mantidos em região tropical

	Mun	SECA	CHUVOSA	Média	P local	P estação	P interação
<b>T</b>	RVE	3,07 ± 0,30	2,50 ± 0,20	2,69 ± 0,17 B	<b>0,000</b>	0,186	0,478
	RON	4,09 ± 0,25	3,95 ± 0,15	3,98 ± 0,13 A			
	PON	3,77 ± 0,24	3,72 ± 0,17	3,74 ± 0,14 A			
	Média	3,64 ± 0,26 A	3,39 ± 0,17 A	-			
<b>M</b>	RVE	60,96 ± 8,79	66,63 ± 3,95	63,79 ± 4,01 B	<b>0,000</b>	0,123	0,191
	RON	80,45 ± 3,05	75,57 ± 2,64	76,55 ± 2,20 A			
	PON	69,04 ± 4,41	70,80 ± 3,20	69,90 ± 2,72 A			
	Média	70,15 ± 5,41 A	71,0 ± 3,26 A	-			
<b>V</b>	RVE	3,07 ± 0,30	2,50 ± 0,20	2,69 ± 0,17 B	<b>0,000</b>	0,240	0,396
	RON	4,09 ± 0,25	3,95 ± 0,15	3,98 ± 0,13 A			
	PON	3,81 ± 0,24	3,84 ± 0,17	3,82 ± 0,15 A			
	Média	3,65 ± 0,26 A	3,43 ± 0,52 A	-			
<b>DT</b>	RVE	27,50 ± 4,78	29,77 ± 4,28	29,01 ± 3,24 A	<b>0,001</b>	0,717	0,437
	RON	13,64 ± 1,95	18,30 ± 1,44	17,36 ± 1,23 B			
	PON	20,21 ± 3,23	16,40 ± 2,73	18,38 ± 2,13 B			
	Média	20,45 ± 3,32 A	20,49 ± 2,81 A	-			
<b>DMA</b>	RVE	7,87 ± 1,31	15,55 ± 3,51	12,99 ± 2,43	0,517	0,098	0,247
	RON	9,82 ± 1,81	12,34 ± 1,21	11,84 ± 1,04			
	PON	9,23 ± 1,60	9,04 ± 1,82	9,14 ± 1,19			
	Média	8,97 ± 4,72 A	3,43 ± 6,52 B	-			
<b>DMe</b>	RVE	19,63 ± 3,88	14,22 ± 1,84	16,02 ± 1,8 A	<b>0,000</b>	0,142	0,147
	RON	3,82 ± 0,35	5,95 ± 0,68	5,53 ± 0,56 B			
	PON	10,98 ± 1,96	7,35 ± 1,50	9,24 ± 1,26 B			
	Média	11,47 ± 2,06 A	9,17 ± 1,34 B	-			

Mun (Município), P (valor de P), T (Turbilhão), M (Motilidade %), V (Vigor), DMA (Defeitos Maiores %), DME (Defeitos Menores %), DT (Defeitos Totais %), RON (Rondonópolis), RVE (Rio Verde), PON (Porto Nacional). Letras maiúsculas na linha P < 0,01. Letras minúsculas na coluna P < 0,01.

Na análise seminal dos touros da região subtropical (Tabela 5), houve interação localidade x estação do ano para os valores para o turbilhonamento, motilidade e vigor, sendo menores no inverno de São Gabriel (2,87 ± 0,61; 60,60 ± 10,80 e 2,87 ± 0,51). Defeitos totais, maiores e menores são significativamente diferentes apenas para local, sem haver interação entre os

**Tabela 5.** Características seminais dos touros da raça Braford, mantidos em região subtropical.

	Mun	PRIM	VER	OUT	INV	Média	P local	P estação	P interação
<b>T</b>	<b>LAG</b>	3,13 ± 0,31 Aa	3,27 ± 0,25 Ba	4,00 ± 0,24 Ca	4,07 ± 0,23 Ca	-	<b>0,016</b>	<b>0,002</b>	<b>0,007</b>
	<b>URU</b>	4,36 ± 0,25 Ac	2,89 ± 0,32 Bb	3,94 ± 0,29 Cc	4,41 ± 0,19 Aa	-			
	<b>SAG</b>	3,50 ± 0,22 Abc	3,22 ± 0,46 Bca	4,00 ± 0,44 ACac	2,87 ± 0,61 Dc	-			
<b>M</b>	<b>LAG</b>	67,67 ± 5,58 Aa	60,67 ± 6,17 Ba	78,00 ± 3,23 Ca	77,33 ± 3,58 Ca	-	0,304	<b>0,000</b>	<b>0,010</b>
	<b>URU</b>	86,07 ± 3,02 Ac	52,65 ± 6,75 Bc	76,56 ± 5,73 Ca	87,65 ± 2,47 Ac	-			
	<b>SAG</b>	74,17 ± 7,12 Ab	63,89 ± 9,67 Bdb	78,57 ± 7,69 Aa	60,60 ± 10,80 BCd	-			
<b>V</b>	<b>LAG</b>	3,27 ± 0,25 Aa	3,13 ± 0,31 Aa	4,00 ± 0,24 Ba	4,20 ± 0,24 Ba	-	<b>0,015</b>	<b>0,001</b>	<b>0,005</b>
	<b>URU</b>	4,36 ± 0,25 Ab	2,94 ± 0,30 Bb	3,87 ± 0,29 Ca	4,41 ± 0,19 Aa	-			
	<b>SAG</b>	3,67 ± 0,33 Aa	3,22 ± 0,46 Aa	4,00 ± 0,44 Ba	2,87 ± 0,51 Cc	-			
<b>DT</b>	<b>LAG</b>	12,53 ± 1,20	14,47 ± 1,22	11,13 ± 0,73	7,17 ± 0,48	11,32 ± 0,58 b	<b>0,000</b>	0,345	0,659
	<b>URU</b>	18,86 ± 1,94	24,00 ± 2,68	20,88 ± 3,05	21,76 ± 2,23	21,42 ± 1,26 a			
	<b>SAG</b>	12,08 ± 0,42	13,83 ± 0,99	11,86 ± 0,46	10,63 ± 1,59	12,17 ± 0,56 b			
	<b>Média</b>	18,30 ± 1,45 A	21,71 ± 2,27 A	18,00 ± 2,13 A	18,21 ± 2,22 A	-			
<b>DMa</b>	<b>LAG</b>	8,00 ± 0,48	6,47 ± 0,60	5,97 ± 0,44	3,10 ± 0,29	5,88 ± 0,32 b	<b>0,000</b>	0,486	0,944
	<b>URU</b>	13,00 ± 1,39	16,87 ± 2,57	15,91 ± 2,95	16,06 ± 1,99	15,52 ± 1,15 a			
	<b>SAG</b>	5,25 ± 0,28	6,89 ± 0,60	5,64 ± 0,46	3,94 ± 0,20	5,48 ± 0,30 b			
	<b>Média</b>	12,20 ± 1,09 A	13,81 ± 1,92 A	12,75 ± 2,18 A	11,13 ± 1,34 A	-			
<b>DMe</b>	<b>LAG</b>	6,07 ± 0,70	6,47 ± 0,87	5,17 ± 0,50	4,07 ± 0,33	5,44 ± 0,33 b	<b>0,014</b>	0,181	0,187
	<b>URU</b>	5,86 ± 0,97	7,13 ± 1,80	4,97 ± 0,75	5,71 ± 0,57	5,89 ± 0,54 b			
	<b>SAG</b>	6,83 ± 0,25	6,94 ± 0,64	6,21 ± 0,43	6,69 ± 1,61	6,68 ± 0,46 ab			
	<b>Média</b>	6,49 ± 0,71 A	7,52 ± 1,11 A	5,24 ± 0,73 A	7,08 ± 1,52 A	-			

Mun (Município), PRIM (Primavera), VER (Verão), OUT (Outono), INV (Inverno), P (valor de P), T (Turbilhão), M (Motilidade), V (Vigor), DMA (Defeitos Maiores), DME (Defeitos Menores), DT (Defeitos Totais), LAG (Lages), URU (Uruguaiana), SAG (São Gabriel). Letras maiúsculas na linha  $P < 0,01$ . Letras minúsculas na coluna  $P < 0,01$ .

fatores local e estação do ano. Defeitos totais e maiores foram superiores em Uruguaiana ( $P < 0,01$ ) ( $21,42 \pm 1,26$ ;  $15,52 \pm 1,15$ ), enquanto que os defeitos menores foram superiores em São Gabriel ( $P < 0,01$ ) ( $6,68 \pm 0,46$ ). A manutenção da temperatura escrotal para a espermatogênese é controlada por mecanismos termorreguladores que auxiliam na função fisiológica dos testículos (Kastelic et al, 1996). O aumento da temperatura testicular ocasionada por efeitos térmicos de várias origens, degeneração testicular crônica e fibrose determina que as alterações que ocorrem na circulação sanguínea podem determinar a formação de anormalidades espermáticas (Rodrigues-Alves et al., 2016; Setchell, 2006).

As patologias espermáticas mais frequentes em todos os experimentos foram: gotas citoplasmáticas proximais, peça intermediária reflexa e gota citoplasmática distal o que vem ao encontro aos resultados obtidos por Oliveira et al. (2001). Estes autores relacionam a influência da temperatura através do aumento na frequência de patologias de cauda em animais não adaptados ao clima tropical. Estudos mostraram que alterações morfológicas dos espermatozoides classificadas como peça intermediária reflexa estão associadas a baixa concentração de testosterona ou relacionadas ao estresse por calor (Cassady et al., 1953, Barth & Bowman, 1994). Barth (2000), estudando touros Angus e Jersey, encontrou uma predisposição hereditária desse defeito espermático.

Nas correlações (Tabela 6), a motilidade está correlacionada negativamente com o ITU medido aos 30 e aos 18 dias antes da coleta ( $-0,121$  e  $-0,163$ ;  $P < 0,01$ ). Os defeitos totais estão correlacionados positivamente com todos os períodos em que o ITU foi considerado ( $0,234$ ,  $0,207$  e  $0,198$ ;  $P < 0,01$ ). Os efeitos ambientais sobre as características seminais têm sido descritos por diferentes autores (Nichi et al., 2006; Menegassi et al., 2015, 2016a, 2016b), mostrando que temperaturas corporais elevadas durante períodos de temperatura ambiental acima da temperatura de conforto reduzem a porcentagem de espermatozoides normais e férteis na ejaculação (Meyerhoeffer et al., 1985). Da mesma forma que os resultados observados no presente estudo, Menegassi et al. (2015) observaram que o ITU de 83 no verão

reduziu a qualidade espermática, mas não na intensidade suficiente para promover danos morfológicos nos espermatozoides a ponto de reprovar os touros no exame andrológico.

**Tabela 6.** Correlações entre o Índice de Temperatura e Umidade durante a espermatogênese.

	ITU 30	ITU 18	ITU 12
ITU 30	-	-	-
ITU 18	-	-	-
ITU 12	-	-	-
TURB	-	-	-
MOT	-0,121**	-0,085	-0,163**
VIG	-0,068	-0,045	-0,082
DMAIOR	0,195**	0,215**	0,153**
DMENOR	0,112**	0,089	0,149*
DT	0,234**	0,207**	0,198**

ITU (Índice de Temperatura e Umidade), TURB (Turbilhonamento), VIG (Vigor), DMAIOR (Defeitos Maiores), DMENOR (Defeitos Menores), DT (Defeitos Totais), \*\*P < 0,01, \*P < 0,05

Vários autores relataram que o isolamento e o aparecimento de patologias de espermatozoides dependem da duração do dano tecidual (Brito et al., 2004) que contribuirá para a grande diversidade de resultados exibidos quando os testículos são submetidos a estresse por calor (Kastelic et al., 1996). Os achados do presente estudo, bem como de diversos autores condizem com o fato de que algumas etapas da espermatogênese e da maturação espermática são sensíveis ao calor (Kastelic et al., 2002), colaborando para o aumento de defeitos espermáticos. Esta constatação foi relacionada por Godfrey & Dodson (2005) que trabalharam com touros da raça Senepol em ambiente tropical e relataram aumento no número de defeitos espermáticos com o envelhecimento dos animais. Este quadro ocorre em função da degeneração do epitélio seminífero causada pela ação nociva do calor ambiental, uma vez que a espermatogênese normal é dependente da manutenção da temperatura testicular entre 2 e 6 °C abaixo da temperatura corporal (Cook et al., 1994). Touros *Bos taurus taurus* são mais suscetíveis do que *Bos taurus indicus* a temperaturas ambiente elevadas. Em touros cruzados houve diminuição da qualidade seminal, porém, a qualidade ainda foi melhor do que dos taurinos

expostos em altas temperaturas ambientais, ocorrendo mais tarde uma recuperação mais rapidamente nos cruzados (Johnston et al., 1963). Isso pode explicar as mínimas alterações que os animais submetidos a estes experimentos apresentaram na sua qualidade seminal, pois trata-se de uma raça oriunda do cruzamento *Bos taurus* x *Bos indicus*.

As causas que contribuem para as alterações na morfologia espermática e relações do ambiente com a qualidade seminal ainda não estão totalmente esclarecidas. Segundo Gomes et al. (1971) a alta temperatura ambiental afeta significativamente a função das células de Leydig, causando diminuição nos níveis de testosterona e aumento nos níveis de gonadotrofinas. Além disso, parece haver a ação local da temperatura, ocasionando alteração no mecanismo de termorregulação testicular, como demonstrado por Cassady et al. (1953); Ross & Entwistle (1979) e Brito et al. (2003), afetando a espermatogênese, a atividade metabólica (Brito et al., 2002; Nichi et al., 2006) e a estrutura do espermatozóide, principalmente durante sua passagem pelo epidídimo (Brown-woodman et al., 1976; Kastelic et al., 2002).

Durante os meses de temperaturas mais amenas, Horn et al. (2002) relacionaram o potencial de reversibilidade do quadro seminal de touros, assim como Gabaldi et al (1999) também relataram o início do retorno ao quadro seminal normal. A explicação para tal fato é que relaciona a resistência relativa das espermatogônias, células de Sertoli e de Leydig que permite a restauração da função espermatogênica quando a injúria testicular é removida (Nascimento & Santos, 2003). Isto pode explicar os resultados do presente estudo especialmente nas regiões tropical e subtropical.

### **Conclusão**

A resposta da qualidade seminal frente às diferentes condições climáticas, provavelmente é uma consequência de características fenotípicas da raça Braford para a adaptação aos diferentes ambientes testados. A qualidade seminal não mudou significativamente para reprovar um animal durante

o exame andrológico em todas as estações, mostrando que os touros Braford são capazes de trabalhar a campo em climas tropicais e subtropicais.

### Referências Bibliográficas

AHMED, A.; TIWARI, R. P.; MISHRA, G.K.; JENA, B.; DAR, M.A.; BHAT, A.A. Effect of Environmental Heat Stress on Reproduction Performance of Dairy Cows- A Review. **Int. J. Livest. Res.** v. 5(4), p.10-18, 2015. DOI: 10.5455/ijlr.20150421122704.

BARTH, A. D. Bull breeding soundness evaluation manual, 2nd edn. **The Western Canadian Association of Bovine Practitioners**, Saskatoon, p. 74, 2000.

BARTH, A. D.; BOWMAN, P. A. The sequential appearance of sperm abnormalities after scrotal insulation or dexamethasone treatment in bulls. **Can Vet J** 35:93–102, 1994.

BRITO, L. C. F.; SILVA, A. E. D. F.; RODRIGUES, L. H.; VIEIRA, F. V.; DERAGON, L. A. G.; KASTELIC, J. P. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and sêmen quality in *Bos indicus* and *Bos Taurus* AI bulls in Brazil. **Animal Reproduction Science**. Amsterdam, v.70, n.6, p.181- 190, 2002.

BRITO, L. C. F.; SILVA, A. E. D. F.; BARBOSA, R. T.; UNANIAN, M. M.; KASTELIC, J. P. Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture in *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* bulls. **Animal Reproduction Science**. Amsterdam, v. 79, n. 1/2, p. 1-15, 2003.

BRITO, L. F. C.; SILVA, A. E. D. F.; UNANIAN, M. M.; DODE, M. A. N.; BARBOSA, R. T.; KASTELIC, J. P. Sexual development in early and late-maturing *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. **Theriogenology**, New York, v.62, n.7, p.1198-1217, 2004.

BROWN-BRANDL, T.M. et al. Water spray cooling during handling of feedlot cattle. **International Journal of Biometeorology**. v.54, n.6, p. 609-616, 2010.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A. Benefits of providing shade to feedlot cattle of different breeds. **Biol Eng Trans**. v.56(4), p.1563-1570, 2013.

BROWN-WOODMAN, P. D. C.; MOHRI, H.; DARIN-BANNET, A.; SHOREY, C.

D.; WHITE, I. G. Metabolic and ultrastructural changes in ejaculated spermatozoa induced by heat in the testis of rams. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.45, n.4, p.501-502, 1976.

CASSADY, R. B.; MYERS, R. M.; LEGATES, J. E. The effect of exposure to high ambient temperature on spermatogenesis of the dairy bull. **J Dairy Sci** 36:14–20, 1953. doi:10.3168/jds.S0022-0302(53)91449-0

CHEMINAU, P. Environment and animal reproduction. **World Anim Rev**, v. 77, p.2–14, 1994.

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**, New York, v.41, n.3, p.653-671, 1994.

GABALDI, S. H.; DEFINE, R. M.; BARROS, C. M. Q.; MASCARO, K.; KASTELIC, J. P.; ROSA, G. J. M. Efeitos da elevação da temperatura testicular nas características espermáticas em touros Nelores. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.23, n.3, p.222-224, 1999.

GAUGHAN, J.B.; DAVIS, M.S.; MADER, T.L. Wetting and the physiological responses of grain-fed cattle in a heated environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.55, p.253-260, 2004.

GODFREY, R. W. & DODSON, R. E. Breeding soundness evaluations of Senepol bulls in the USA Virgin Islands. **Theriogenology**, New York, v.63, n.3, p.831-840, 2005.

GOMES, W. R.; BUTLER, W. R.; JOHNSON, A. D. Effects of elevated ambient temperature on testis and blood levels and in vitro biosynthesis of testosterone in the ram. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, n. 4, p. 804-807, 1971.

HAHN, G.L.; MADER, T.L.; EIGENBERGER, R.A. Perspective on development of thermal indexes for animal studies and management. In: Lacetera, N., et al. (eds). *Interactions Between Climate and Animal Production Technical Series*, Wageningen Academic Publishers, v.7, p.31-44, 2003.

HAHN, G.L.; OSBURN, D.D. Feasibility of summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of ASAE**, v. 12, pp. 448-453, 1969.

HORN, M. M.; MORAES, J. C. F.; MACIE, M. N. Variação temporal na qualidade do sêmen de touros de genótipo puro europeu e sintético derivado. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.26, n.4, p.324-330, 2002.

HUEY, R. B.; KEARNEY, M.R.; KROCKENBERGER, A.; HOLTUM, J. A. M.; JESS, M.; WILLIAMS, S. E. Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behavior, physiology and adaptation. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v.367, p.1665-1679, 2012. DOI: 10.1098/rstb.2012.0005

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br> Acesso em julho de 2017.

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

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H.; WALLINS, G.L.; ENTZ, T. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Anim Reprod Sci** v.41, p.153–159, 1996.

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; PIERSON, R. A.; COULTER, G. H. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. **Can J Vet Res**, v.65, p.111–115, 2001.

KASTELIC, J.; COOK, R. B.; COULTER, G. H. Termoregulación scrotal/testicular en toros. In: TOPICS IN BULL FERTILITY, Ithaca, 2002. International Veterinary Information Service, 2002.

LEÓN, H.; PORRAS, A.A.; GALINA, C.S.; NAVARRO-FIERRO, R. Effect of the collection method on semen characteristics of zebu and European type cattle in the tropics. **Theriogenology**, New York, v.36, p. 349–355, 1991.

MADER, T.L.; JOHNSON, L.J.; GAUGHANT, J.B. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **J Anim Sci**, v.88, p.2153– 2165, 2010.

MENEGASSI, S. R. O.; BARCELLOS, J. O. J.; DIAS, E. A.; KOETZ JR, 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**, 59(3):357–364, 2015.

MENEGASSI, S. R. O.; PEREIRA, G. R.; BREMM, C.; KOETZ JR, C.; LOPES, F. G.; FIORENTINI, E. C.; MCMANUS, C.; DIAS, E. A.; ROCHA, M. K.; LOPES, R. B.; BARCELLOS, J. O. J. Effects of ambient air temperature, humidity, and wind speed on seminal traits in Braford and Nellore bulls at the Brazilian Pantanal. **International Journal of Biometeorology**, 2016a.

MENEGASSI, S. R. O.; PEREIRA, G. R.; DIAS, E. A.; KOETZ JR, C.; LOPES, F. G.; BREMM, C.; MCMANUS, C.; LOPES, R. B.; ROCHA, M. K.; CARVALHO, H. R.; BARCELLOS, J. O. J. The uses of infrared thermography

to evaluate the effects of climatic variables in bull's reproduction. **International Journal of Biometeorology**, 2016b. DOI 10.1007/s00484-015-1013-y.

MEYERHOEFFER, D. C.; WETTEMANN, R. P.; COLEMAN, S. W.; WELLS, M. E. Reproductive criteria of beef bulls during and after exposure to increased ambient temperature. **J Anim Sci**, 60:352–357, 1985.

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

NICHI, M.; BOLS, P.E.J.; ZUGE, R.M.; BARNABE, V.H.; GOOVAERTS, I.G.F.; BARNABE, R.C.; CORTADA, C.N.M. Seasonal variation in semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* bulls raised under tropical conditions. **Theriogenology**, New York, v.66, p.822–828, 2006. DOI:10.1016/j.theriogenology.2006.01.056

OLIVEIRA, C. M. G.; OLIVEIRA FILHO, B. D.; FERNANDES, P. R.; VIU, M. A.; GAMBARINI, M. L.; JAPUR, R. S. Avaliação da qualidade seminal de reprodutores *Bos taurus taurus* criados extensivamente na região do Vale do Rio Araguaia. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 25, n. 2, p.192- 194, 2001.

PALMER, C.W.; BRITO, L.F.; ARTEAGA, A.A.; SÖDERQUIST, L.; PERSSON, Y.; BARTH, A.D. Comparison of electroejaculation and transrectal massage for semen collection in range and yearling feedlot beef bulls. **Anim Reprod Sci**, v.87, p.25–31, 2005. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.09.004

PINEDA, M. H.; FAULKNER, L. C. Biology of sex. In: McDonald LE (ed) **Veterinary endocrinology and reproduction**. Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 208–234, 1980.

RODRIGUES-ALVES, M. B.; ANDRADE, A. F. C.; ARRUDA, R. P.; BATISSACO, L.; FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A.; OLIVEIRA, B. M. M.; CELEGHINI, E. C. C. Recovery of normal testicular temperature after scrotal heat stress in rams assessed by infrared thermography and its effects on seminal characteristics and testosterone blood serum concentration. **Theriogenology**, New York, v.86, p.795–805, 2016.

ROSS, A. D.; ENTWISTLE, K. W. The effect of scrotal insulation on spermatozoa morphology and the rates of spermatogenesis and epididymal passage of spermatozoa in the bull. **Theriogenology**, New York v.11, n.2, p.110- 129, 1979.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia animal**. São Paulo. Nobel, 286p., 2000.

SILVA, R.G.; MAIA, A.S. Principles of Animal Biometeorology. SSBM, 2013. doi:10.1007-5733-2-7.

SETCHELL, B. P. The effects of heat on the testes of mammals. **Animal**

**Reproduction**, v.3, p.81–91, 2006.

SPSS Inc. Released 2009. PASW Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

ST-PIERRE, N.R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. **J. Dairy Sci.** v.86, p.52-57, 2003.

THE NATIONAL RESEARCH COUNCIL. A guide to environmental research on animals. National Academy of Science, Washington, 1971.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, p.57-59, 1959..

VALEANU, S.; JOHANNISSON, A.; LUNDEHEIM, N.; MORRELL, J.M. Seasonal variation in sperm quality parameters in Swedishred dairy bulls used for artificial insemination. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 173, p.111–118, 2015.

VANDERMARK, N. L.; FREE, M. J. Temperature effects. In: Johnson, A. D.; Gomes, W.R., Vandermark, N. L. **The testis**. New York: Academic Press. v. 3, p. 233-331, 1970.

VENTER, H.A.W.; BONSMAN, J.C.; SKINNER, J.D. The Influence of Climate on the Reproduction of Cattle. **Int. J. of Biometeorol**, v.2, p.147-151, 1973.

WILSON, D.C.S.; CORBETT, A.D.; BOVELL, D.L. A preliminary study of the short circuit current (I<sub>sc</sub>) responses of sweat gland cells from normal and anhidrotic horses to purinergic and adrenergic agonists. **Journal Compilation**, v.18, p.152–160, 2007.

## **CAPÍTULO III**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a extensão, a variedade de climas do Brasil e as mudanças climáticas que estão acontecendo, bem como a necessidade de aumentar a produção de alimentos, se torna imprescindível que se escolha corretamente a raça e o sistema de criação os quais os animais serão submetidos, para que o máximo potencial seja alcançado.

A resposta reprodutiva frente às diferentes condições climáticas, provavelmente, é uma consequência de características genéticas da raça Braford para a adaptação aos diversos ambientes, uma vez que os resultados mostraram que a qualidade seminal não mudou significativamente a ponto de reprovar um touro ao exame andrológico durante todas as estações do ano e nos locais que foram testados, mostrando que os touros Braford são capazes de trabalhar a campo sob diferentes climas quentes, demonstrado através do Índice de Temperatura e Umidade.

## REFERÊNCIAS

- ABHB - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HEREFORD E BRAFORD. **A raça Braford**. Disponível em: <<http://www.abhb.com.br/braford/padroo-racial-braford/>> Acesso em: 18 jan. 2018.
- AHMED, A. et al. Effect of environmental heat stress on reproduction performance of dairy cows: a review. **International Journal of Livestock Research**, Pashupati, v. 5, n. 4, p.10-18, 2015.
- AMMAN, R.P.; SCHANBACHER, B.D. Physiology of male reproduction. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, supl.2, p. 380-403, 1983.
- ANDERSON, J. Investigations on the semen of fertile and sterile bulls. **The Veterinary Journal**, London, v. 96, p. 18-27, 1900.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- ASBIA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. **Index ASBIA do mercado**. Uberaba, 2014.
- ASHDOWN, R. R. Persistence of the penile frenulum in young bulls. **Veterinary Record**, London, v. 93, p. 30-35, 1973.
- BACCARI JR, F.; GONÇALVES, H.C.; MUNIZ, L.M.R. Milk production, serum concentrations of thyroxine and some physiological responses of SaanenNative goats during thermal stress. **Revista Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 8, p. 9-14, 1996.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.
- BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. Missouri: University of Missouri, 1985. 218 p.
- BARCELLOS, J. O. J. A importância da cria na pecuária de corte. In: BARCELLOS, J. O. J. et al. (Ed.). **Bovinocultura de corte: cadeia produtiva & sistemas de produção**. Guaíba: Agrolivros, 2011. p. 61-64.
- BARCELLOS, J. O. J. B. et al. Technological innovation and entrepreneurship in animal production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, nesp, p.189-200, 2011.
- BARCELLOS, J. O. J.; OIAGEN, R. P. Cadeia produtiva da carne bovina e os

sistemas de produção na bovinocultura de corte. In: OIAGEN et al.(Coord.). **Gestão na bovinocultura de corte**. Guaíba: Agrolivros, 2014. p. 21-41.

BARTH, A.D. Insights to the pathogenesis of sperm abnormalities in bulls. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 1, p. 1-11, 1993.

BARTH, A. D. **Bull breeding soundness evaluation manual**. 2nd ed. Saskatoon: The Western Canadian Association of Bovine Practitioners, 2000. 74 p.

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

BARTH, A. D.; OKO, R. J. **Abnormal morphology of bovine spermatozoa**. Ames: Iowa State University Press, 1989. 285 p.

BAUMGARD, L.H.; RHOADS, R.P. Effects of heat stress on post-absorptive metabolism and energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 1, p. 311-317, 2013.

BENNETT, B. W.; KERSCHEN, R. P.; NOCKELS, C. F. Stress-induced hematological changes in feedlot cattle. **Agri-Practice**, Santa Bárbara, CA, v. 10, p. 16-28, 1989.

BERGMANN, J.A.G., et al. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 48, p. 69-78, 1996.

BERNARDI, M.L.; PATIÑO, H.P. **Bioclimatologia**. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia, 2001. (Apostila).

BERRY, D.P. et al. Evaluation of bull fertility in dairy and beef cattle using cow field data. **Theriogenology**, New York, v. 75, p. 172-181, 2011.

BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section A. Physiology. Cattle in a hot environment. **Journal of Dairy Research**, Champaign, v. 32, p. 291-345, 1965.

BLANCHARD, T. L. et al. The causes and pathologic changes of testicular degeneration in large animals. **Veterinary Medicine and Science**, Hoboken, v. 86, p. 531-536, 1992.

BLOOM, D.; FAWCETT, D. W. **A textbook of Histology**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1975.

BOHMANOVA, J. et al. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, p. 1947-1956, 2007.

BOURAOUI, R. et al. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. **Animal Research**, Les Ulis, v. 51, n. 6, p. 479-491, 2002.

BREAZILE, J. E. The physiology of stress and its relationship to mechanism of disease and therapeutics. **Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 4, n. 3, p. 441-480, 1988.

BRITO, L. C. F. et al. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and sêmen quality in Bos indicus and Bos Taurus AI bulls in Brazil. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 70, n. 3/4, p. 181- 190, 2002.

BRITO, L. C. F. et al. Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture in Bos indicus and Bos indicus x Bos taurus bulls. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 79, n. 1/2, p. 1-15, 2003.

BRITO, L. F. C. et al. Sexual development in early and late-maturing Bos indicus and Bos indicus x Bos taurus crossbred bulls in Brazil. **Theriogenology**, New York, v. 62, n. 7, p. 1198-1217, 2004.

BROWN-BRANDL, T.M. et al. Water spray cooling during handling of feedlot cattle. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 54, n. 6, p. 609-616, 2010.

BROWN-BRANDL, T.M. et al. Benefits of providing shade to feedlot cattle of different breeds. **Biological Engineering Transactions**, Bethesda, v. 56, n. 4, p. 1563-1570, 2013.

BROWN-WOODMAN, P. D. C. et al. Metabolic and ultrastructural changes in ejaculated spermatozoa induced by heat in the testis of rams. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 45, n. 4, p. 501-502, 1976.

BURNS, B.M. et al. Male reproductive traits and their relationship to reproductive traits in their female progeny: a systematic review. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v. 46, n. 3, p. 534-553, 2011.

CASSADY, R. B.; MYERS, R. M.; LEGATES, J. E. The effect of exposure to high ambient temperature on spermatogenesis of the dairy bull. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 36, p. 14-20, 1953.

CATTELAM, J.; VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 108, p. 587-588, 2013.

CEZAR, I. M. et. al. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil**: uma

descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005. 40 p. (Documentos / Embrapa Gado de Corte, 151) Disponível em:

<[http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc\\_pdf/doc151.pdf](http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/doc151.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2018.

CHEMINAU, P. Environment and animal reproduction. **World Animal Review**, Rome, v. 77, p. 2–14, 1994.

CHENOWETH, P. J. Libido and mating behavior in bulls, boars and rams. A review. **Theriogenology**, New York, v. 16, p. 155, 1981.

COLLIER, R. J. et al. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 65, p. 2213-2227, 1982.

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**, New York, v. 41, n. 3, p. 653-671, 1994.

CORREA-CALDERON, A. et al. Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 48, p. 142-148, 2004

COULTER, G.H. Thermography of bull testes. In: TECHNICAL CONFERENCE OF ARTIFICIAL INSEMINATION AND REPRODUCTION, 12., 1988, Milwaukee. **Proceedings** ...Columbia: National Association of Animal Breeders, 1988. p. 58-63.

CRICHTON, J. S.; LISHMAN, A. W. Factors influencing sexual behaviour of young *Bos indicus* bulls under pen and pasture mating conditions. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 21, p. 281-292, 1988.

CRUZ, L.V. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 9, n. 16, 2011.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, New York, v. 60, p. 1139– 1151, 2003.

DOYLE, D.; DOLEZAL, S.; MCGRANN, J. **Interpretinf cow-calf Standardized Performance Analyses (SPA) result**. Oklahoma: Cooperative Extension Service. Oklahoma State University, 2004. Disponível em: <<http://www.osuextra.com>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V. P. B. Desenvolvimento recente da

pecuária de corte brasileira e suas perspectivas. In: PIRES, A.V. (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. v. 1, p. 11-38

FERNANDES, C.E. et al. Effects of scrotal insulation in Nelore bulls (*Bos taurus indicus*) on seminal quality and its relationship with in vitro fertilizing ability. **Theriogenology**, New York, v. 70, p. 1560-1568, 2008.

FONSECA, V.O. et al. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base no perímetro escrotal e características morfofísicas do sêmen. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 21, p. 36-47, 1997.

GABALDI, S. H. et al. Efeitos da elevação da temperatura testicular nas características espermáticas em touros Nelores. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 23, n.3, p. 222-224, 1999.

GABALDI, S. H.; WOLF, A. A importância da termorregulação testicular na qualidade do sêmen em touros. **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 membranas, função mitocondrial e estrutura da cromatina de espermatozoides de touros Simental (*Bos taurus taurus*)**. 2004. 258 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2004.

GARNER, D. L.; HAFEZ, E. S. E. Espermatozoides e plasma seminal. In: HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ B. (Ed.) **Reprodução animal**. 7. ed. Barueri: Manole, 2004. p. 97-110.

GAUGHAN, J.B.; DAVIS, M.S.; MADER, T.L. Wetting and the physiological responses of grain-fed cattle in a heated environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 55, p. 253-260, 2004.

GODFREY, R. W.; DODSON, R. E. Breeding soundness evaluations of Senepol bulls in the USA Virgin Islands. **Theriogenology**, New York, v. 63, n. 3, p. 831-840, 2005.

GOMES, W. R.; BUTLER, W. R.; JOHNSON, A. D. Effects of elevated ambient temperature on testis and blood levels and in vitro biosynthesis of testosterone in the ram. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, n. 4, p. 804-807, 1971.

GREEP, P. O. The male reproductive system. In: GREEP, R.O.; KOBLINSKY, M.A.; JAFFE, F.S. (Ed.). **Reproduction and human welfare**. Cambridge: MIT Press, 1976. p. 165-277.

HABEEB, A. A.; MARAI, I. F. M.; KAMAL, T. H. Heat stress. In: PHILIPS, C.; PIGGENS, D. (Ed.), **Farm animals and the environment**. Wellingford: C.A.B. International, 1992. p. 27–47.

HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ, B. (Ed.). **Reprodução animal**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004. 513 p.

HAHN, G.L. et al. Perspective on development of thermal indexes for animal studies and management. In: LACETERA, N. et al. (Ed.). **Interactions between climate and animal production**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2003. p. 31-44 (Technical Series, 7).

HAHN, G.L.; OSBURN, D.D. Feasibility of summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 12, p. 448-453, 1969.

HANSEN, P. J.; EALY, A. D. Effects of heat stress on the establishment and maintenance of pregnancy in cattle. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 1, p. 108-119, 1991.

HORN, M. M. et al. Variação temporal na qualidade do sêmen de touros de genótipo puro europeu e sintético derivado. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 26, n. 4, p. 324-330, 2002.

HORST E. K; HANS. G. L. **Anatomia dos animais domésticos**: texto e atlas colorido. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

HUEY, R. B. et al. Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behavior, physiology and adaptation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 367, p. 1665-1679, 2012.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas**. [2017]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

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

JOHNSON, L. et al. Efficiency of spermatogenesis: a comparative approach. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 60/61, p. 471-480, 2000.

JOHNSTON, S. D.; ROOT-KUSTRITZ, M. V.; OLSON, P. N. S. **Canine and feline theriogenology**. Philadelphia: WB Saunders, 2001. 592 p.

KASTELIC, J. P.; COULTER, G. H. Scrotal and testicular thermoregulation in the bull and ram. In: SOCIETY FOR THERIOGENOLOGY ANNUAL MEETING,

1993, Florida. **Proceedings ...** Pike Road: Society for Theriogenology, 1993. p. 67-72.

KASTELIC, J.P. et al. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 41, p. 153–159, 1996.

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

KASTELIC, J.; COOK, R. B.; COULTER, G. H. Termoregulación scrotal/testicular en toros. In: CHENOWETH, P.J. (Ed.). **Topics in bull fertility**. Ithaca: International Veterinary Information Service, 2002.

KUMI-DIAKA, J. et al. Seasonal and age-related changes in semen quality and testicular morphology of bulls in a tropical environment. **Veterinary Record**, London, v. 108, n. 3, p. 13-15, 1981.

LADDS, P.W. The male genital system. In: JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER, N. (Ed.). **Pathology of domestic animals**. Orlando, FL: Academic Press, 1985. p. 409-459.

LEÓN, H. et al. Effect of the collection method on semen characteristics of zebu and European type cattle in the tropics. **Theriogenology**, New York, v. 36, p. 349–355, 1991.

MACEDO, L. O. B. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância de crédito rural. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 7, p. 83-95, 2006.

MADER, T.L. et al. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 2153– 2165, 2010.

MARAI, I.F.M. et al. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatan, v. 8, p. 209-234, 2008.

MARTELLO, L. S. **Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações**. 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2002.

McMANUS, C. et al. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 120, p. 256-264, 2009.

MEIRELES, I. P. **Influência do sombreamento artificial em parâmetros fisiológicos e produtivos de vacas mestiças (holandês X zebu)**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2005.

MELLACE, E. M. **Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Física do ambiente agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

MENEGASSI, S. R. O. **Aspectos bioeconômicos da avaliação andrológica em touros de corte**. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MENEGASSI, S.R.O. et al. Behavioral assessment during breeding soundness evaluation of beef bulls in Rio Grande do Sul. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 8, p. 77-80, 2011.

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**, Lisse, v. 59, n. 3, p. 357–364, 2015.

MENEGASSI, S. R. O. et al. Effects of ambient air temperature, humidity, and wind speed on seminal traits in Braford and Nellore bulls at the Brazilian Pantanal. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 11, p. 1787-1794, 2016a.

MENEGASSI, S. R. O. et al. The uses of infrared thermography to evaluate the effects of climatic variables in bull's reproduction. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 1, p. 151-157, 2016b.

MEYERHOEFFER, D. C. et al. Reproductive criteria of beef bulls during and after exposure to increased ambient temperature. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, p. 352–357, 1985.

MORRISON, S.R.; HAHN, G.L.; BOND, T.E. **Predicting summer production losses for swine**. Washington, DC: UDSA-ARS, 1970. (Production Research, 118).

MOBERG, G.P. **Animal stress**. Bethesda: American Physiological Society, 1985. p. 27-49.

NÄÄS, I. A.; SILVA, I. J. O. Técnicas modernas para melhorar a produtividade dos suínos através do controle ambiental. In: BALBUENA, R. H. et al. (Ed.). **Ingenieria Rural y Mecanización en el Ambito Latinoamericano**. La Plata: UNLP, 1998. p. 464-72.

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

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

OLIVEIRA, C. M. G. et al. Avaliação da qualidade seminal de reprodutores *Bos taurus taurus* criados extensivamente na região do Vale do Rio Araguaia. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 25, n. 2, p.192-194, 2001.

OLIVIER, J. J. Breeding plans for Dorper sheep and Boer gotas in South Africa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2000, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa-PB: EMEPA-PB, 2000. p. 213-230.

PALMER, C.W. et al. Comparison of electroejaculation and transrectal massage for semen collection in range and yearling feedlot beef bulls. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam v. 87, p. 25–31, 2005.

PAULINO, P.V.R ; DUARTE, M.S. Brazilian beef production. In: COTLLE D.; KAHN, L. (Ed.). **Beef cattle production and trade**. Australia: CSIRO, 2014. p. 107-120.

PEASTON, A. E.; WHITELOW, E. Epigenetics and phenotypic variation in mammals. **Mammalian Genome**, New York, v.17, n. 5, p.365-374, 2006.

PEIXOTO, A. M. Raças de bovino de corte que interessam ao Brasil. In: PIRES, A.V. (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. v.1. p. 55-74.

PINEDA, M. H.; FAULKNER, L. C. Biology of sex. In: McDONALD, L.E. (Ed). **Veterinary endocrinology and reproduction**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1980. p. 208–234.

PIRES, M.F.A; FERREIRA, A.M; COELHO, S. G. Estresse calórico em bovinos de leite. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, n. 29, p. 23-37, 1999.

RAVAGNOLO, O. et al. Genetic component of heat stress in cattle, development of a heat index function. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 2120-2125, 2000.

RHOADS, R.P. et al. Metabolic priorities during heat stress with an emphasis on skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 2492-2503, 2013.

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

RODRIGUES-ALVES, M. B. et al. Recovery of normal testicular temperature after scrotal heat stress in rams assessed by infrared thermography and its effects on seminal characteristics and testosterone blood serum concentration. **Theriogenology**, New York, v. 86, p. 795–805, 2016.

ROSO, V. M.; FRIES, L. A. Avaliação das heteroses materna e individual sobre o ganho de peso so nascimento ao desmame em bovinos Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 732-737, 2000.

ROSS, A. D.; ENTWISTLE, K. W. The effect of scrotal insulation on spermatozoa morphology and the rates of spermatogenesis and epididymal passage of spermatozoa in the bull. **Theriogenology**, New York, v. 11, n. 2, p. 110- 129, 1979.

ROVIRA, J.M. **Manejo nutritivo de los rodeos de cria em pastoreo**. Montivideo: Hemisfério Sur, 1996. p. 288.

SETCHELL, B. P. et al. The effect of local heating on the flow and composition of rete testis fluid in the conscious ram. **Journal of Reproduction and Fertility**, Bethesda, v. 24, p. 81–89, 1971.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, p.1-18, 2000.

SILVA, J.F. et al. Avaliação da fertilidade potencial de touros. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 4., 1981, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SNRA, 1981.

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

SILVA, A. E. D. F.; OODE, M. A. N.; PORTO, J. A. Efeito da estacionalidade nas características testiculares espermáticas de touros Nelore e mestiços. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 7., 1987, Belo Horizonte. **Resumos**. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1987.

SILVA, A.E.D.F.; DODE, M. A. N.; UNANIAN, M.M. **Capacidade reprodutiva do touro de corte**: funções, anormalidades e outros fatores que a influenciam. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1993. 28 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 51).

SILVA, R.G.; MAIA, A.S. **Principles of animal biometeorology**. Dordrecht: Springer, 2013.

SETCHELL, B. P. The effects of heat on the testes of mammals. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 3, p. 81–91, 2006.

SKINNER, J. D.; LOUW, G. N. Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 21, n. 6, p. 1784–1790, 1966.

SPSS Inc. **PASW statistics for windows, version 17.0**. Chicago: SPSS, 2009.

ST-PIERRE, N.R. et al. Economic losses from heat stress by US Livestock Industries. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 52-57, 2003.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

THE NATIONAL RESEARCH COUNCIL: a guide to environmental research on animals. Washington: National Academy of Science, 1971.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Philadelphia, v. 12, p. 57-59, 1959.

TITTO E. A. L. Clima: influência na produção de leite. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de leite em clima quente**. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap. 2, p. 10-23.

TIZIKARA, C. et al. A review of factors limiting productivity and evolutionary adaptation of tropical livestock. **World Review of Animal Production**, Bethesda, v. 21, p. 41-46, 1985.

VALE FILHO, V. R. et al. Distúrbio da reprodução em touros Nelore, Gir, Guzerá, Indubrasil, comparativamente com touros das raças Holandês, Charolês e Chianina criados nas mesmas condições. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1981, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1981.

VALEANU, S. et al. Seasonal variation in sperm quality parameters in Swedishred dairy bulls used for artificial insemination. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 173, p. 111–118, 2015.

VANDERMARK, N. L.; FREE, M. J. Temperature effects. In: JOHNSON, A. D.; GOMES, W.R.; VANDERMARK, N. L. (Ed.). **The testis**. New York: Academic Press, 1970. v. 3, p. 233-331.

VENTER, H.A.W. et al. The influence of climate on the reproduction of cattle. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 2, p. 147-151, 1973.

VOGLER, C. J. et al. Effects of scrotal insulation on viability characteristics of cryopreserved bovine semen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3827-3835, 1991.

WAITES, G.W.H.; SETCHELL, B.P. Physiology of the mammalian testis. In: LAMMING, G.E. **Marshall's physiology of reproduction**. 4. ed. Londres: Churchill Livingstone, 1990. v. 2, p. 1-105.

WEST, W.J. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 21-35, 1999.

WILSON, D.C.S. et al. A preliminary study of the short circuit current (I<sub>sc</sub>) responses of sweat gland cells from normal and anhidrotic horses to purinergic and adrenergic agonists. **Journal Compilation**, Bethesda, v. 18, p. 152–160, 2007.

## 6 VITA

Marcela Kuczynski da Rocha é brasileira, nascida em Rio Pardo (RS), no dia vinte e sete de junho de 1991, filha de Ana Adalma Kuczynski Rocha e Felipe Mendes Ribeiro da Rocha.

Iniciou o ensino fundamental na Escola Municipal de Ensino Fundamental Sotero Hermínio Frantz em Pantano Grande (RS) em 1998, cursou a sétima e oitava série no Colégio Nossa Senhora Auxiliadora em Rio Pardo (RS). Cursou o ensino médio no Colégio Estadual Júlio de Castilhos em Porto Alegre (RS), de 2006 a 2008.

Em 2009 ingressou no curso técnico em Biotecnologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre (RS) e graduou-se em agosto de 2011.

Em 2011 ingressou no Curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre (RS) e graduou-se em janeiro de 2017. Foi Bolsista de Iniciação Científica sob orientação do Professor Júlio Otávio Jardim Barcellos.

Em dezembro de 2016 foi aprovada no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, vinculado à Faculdade de Agronomia da UFRGS, sob orientação do Professor Júlio Otávio Jardim Barcellos e obteve bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).