

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

EFEITOS DO AMBIENTE NA REPRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Autora: Marcela Kuczynski da Rocha

Porto Alegre

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

EFEITOS DO AMBIENTE NA REPRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Autora: Marcela Kuczynski da Rocha

Trabalho apresentado à Faculdade de Veterinária como requisito parcial para a obtenção da graduação em Medicina Veterinária

Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos

Coorientador: Silvio Renato Oliveira Menegassi

PORTO ALEGRE

2016/2

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Felipe, pelo amor, amizade, companhia de campereadas, por me ensinar a ser humilde e a sempre estudar mais, por me apoiar em todas as situações e me incentivar sempre que tive medo de errar, por me ensinar as coisas do campo e ter paciência para responder minhas incansáveis perguntas, pela oportunidade de colocar em prática tudo que aprendi durante a faculdade, por me mostrar que sou capaz de tudo e acreditar em mim, sempre! Por me motivar a ser curiosa como ele e buscar sempre novas informações, pelas saudáveis discussões sobre a pecuária na hora do mate nos finais de semana. Pelo homem forte e amável que és!

A minha mãe Ana, por todo amor, cumplicidade e amizade. Por ter me dado a oportunidade de morar no campo, por ser a minha fortaleza, por me ensinar a força de uma mulher, por me fazer ter vontade de me espelhar nela, por me ouvir e acalmar, por tentar trazer a tona o que tenho de melhor, por me ensinar o respeito a qualquer forma de vida e que o bem mais precioso que alguém pode ter é o conhecimento e me incentivar a busca-lo cada vez mais, por sempre achar um tempinho pra mim mesmo cheia de trabalho, pela educação, pelo apoio incondicional em todas as fases da minha vida. Por ser batalhadora, doce e encantadora!

Fica o meu singelo agradecimento aos meus pais, por me darem o privilégio de ser filha de vocês, minhas fortalezas, meus maiores exemplos de vida, do que é ter garra e correr atrás do que se quer, por me ensinarem a amar, admirar e respeitar o campo, e ter vontade de nele permanecer.

A minha amada irmã Rafaela, pelo amor, amizade, companheirismo, por toda ajuda prestada nesses anos de faculdade, por me aturar, dar colo e cafuné quando necessário, pelos finais de semana, pelas comparações de casos clínicos entre humanos e animais, por doze temporadas de *Grey's Anatomy* assistidas impreterivelmente juntas.

Aos meus avós, pelo amor, especialmente ao vô Saul, pela confiança, emoção e interesse nas minhas atividades, por me proporcionar estágio na Fazenda Bom Jesus praticamente desde que nasci.

A minha família de quatro patas, Pingo, Prenda, Pipoca, Tita, Cuarajhy, Namorada e Koda, que me ensinaram o que é amar incondicionalmente, como ser forte na dor e o quão sofrida e dura é uma perda. Insólita, Martina, Amarilla, Nezito, Titinha, Butiá, Malu, Esmeralda, Labareda, Pimenta, Coronilha e Lua Cheia, pelos finais de semana repletos de carinho e alegria.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Faculdade de Veterinária, pela oportunidade de formação com ensino de qualidade.

Ao meu orientador Professor Júlio Barcellos, por todo ensinamento passado, pelas grandes oportunidades dentro do Núcleo de Estudos em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva (NESPRO) nestes três anos de bolsa de iniciação científica e pelo crescimento pessoal e profissional.

Ao meu coorientador 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.

Ao NESPRO, pelas diversas amizades, pelo apoio e por todo o conhecimento adquirido lá dentro.

Aos meus amigos que fiz durante a graduação, pelo auxílio nos trabalhos e provas e principalmente, por estarem sempre comigo nesta longa caminhada, tornando-a mais fácil e agradável. Amizades que vão ficar para o resto de nossas vidas.

Ao Eduardo, pelo companheirismo, apoio e amor! Por me mostrar que a vida é mais leve do que parece.

RESUMO

Os sistemas de criação de bovinos na pecuária brasileira caracteriza-se por serem realizados, principalmente, em sistemas extensivos de criação, condição na qual os animais estão sob influência do ambiente ao qual estão expostos e bastante susceptíveis a problemas relacionados as intempéries climáticas, o acasalamento ocorre nos meses mais quentes do ano, onde os animais recebem com máxima intensidade os efeitos diretos e indiretos do clima, portanto, o clima pode intensificar o estresse térmico em decorrência de alterações no balanço de energia térmica entre o animal e o ambiente, o qual influencia os mecanismos de termorregulação. O estresse térmico influencia o bem-estar destes animais devido as tentativas de adaptação do organismo para manter as condições térmicas normais em um clima impróprio para seu desenvolvimento fisiológico e, assim, possui efeito direto e indiretamente à reprodução dos bovinos de corte, como a degeneração do epitélio germinativo e redução da qualidade seminal nos touros, interferência na fertilidade do óvulo, implantação do embrião deficiente e aborto, nas fêmeas. A presente revisão bibliográfica caracteriza os efeitos do ambiente sobre o desempenho reprodutivo de bovinos de corte.

Palavras-chave: bovinocultura, infertilidade, adaptação climática, termorregulação, bem-estar animal

ABSTRACT

Cattle breeding systems in Brazil are characterized by being performed, mainly, in extensive breeding systems, condition in which the animals are under influence of environment to which they are exposed and susceptible to inclement weather problems, the mating season occurs in the hottest months of the year, where the animals receive with maximum intensity the direct effects and the indirect climate so, the climate can intensify thermal stress due to changes in the thermal energy balance between the animal and the environment, which influence the thermoregulatory mechanisms. Heat stress affects animal welfare due to attempts adapt the body to maintain normal thermal conditions in an inappropriate environment for their physiological development and thus it has a direct effect and indirectly to the reproduction of beef cattle, as the degeneration of the germinal epithelium and reduced semen quality in bulls, interference in ovule fertility, implementation of deficient embryo and abortion, in females. This literature review characterizes the environmental effects on the reproductive performance of beef cattle.

Keywords: beef cattle, infertility, climate adaptation, thermoregulation, animal welfare

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Zona de conforto térmico ou termoneutralidade (TCI = Temperatura crítica inferior; TCS = Temperatura crítica superior).....	22
Figura 2 – Zona de conforto térmico de taurinos e zebuínos.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas hipotalâmicas secundárias a alterações térmicas.....	32
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IA: Inseminação artificial

CL: Corpo lúteo

P4: Progesterona

GnRH: Hormônio liberador de gonadotrofinas

FSH: Hormônio folículo estimulante

LH: Hormônio luteinizante

E2: Estradiol

DNA: Ácido desoxirribonucleico

CRH: Hormônio liberador da corticotropina

ACTH: Adrenocorticotropina

TR: Temperatura retal

FR: Frequência respiratória

TSH: Hormônio tireotrófico

T4: Tiroxina

T3: Triiodotironia

TCS: Temperatura crítica superior

TCI: Temperatura crítica inferior

ITU: Índice de Temperatura e Umidade

ITGU: Índice de Temperatura de Globo e Umidade

ETI: Índice de Temperatura Equivalente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO ANATOMO-FISIOLÓGICA.....	12
2.1	Anatomia e fisiologia do sistema reprodutivo da fêmea bovina.....	12
2.1.1	Ciclo estral.....	13
2.2	Anatomia e fisiologia do sistema reprodutivo do macho bovino.....	14
2.2.1	Espermatogênese.....	16
3	BEM-ESTAR ANIMAL.....	20
3.1	Homeostase térmica.....	21
3.2	Zona de conforto térmico.....	22
3.3	Índice de conforto térmico.....	24
4	ESTRESSE.....	27
4.1	Respostas fisiológicas em decorrência do estresse.....	28
4.2	Estresse térmico.....	29
4.3	Respostas fisiológicas e comportamentais decorrentes do estresse térmico.....	31
5	TERMORREGULAÇÃO.....	34
6	ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA.....	35
7	ESTRESSE TÉRMICO E SUA INFLUÊNCIA NA REPRODUÇÃO.....	37
7.1	Interferência sobre a reprodução de machos.....	37
7.2	Interferência sobre a reprodução das fêmeas.....	39
8	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios da pecuária moderna está relacionado à exploração do máximo potencial genético do animal, tanto no aspecto produtivo quanto reprodutivo. Os índices reprodutivos brasileiros necessitam de melhorias, apesar de várias biotecnologias da reprodução animal serem bem dominadas e desenvolvidas e, poderem contribuir para uma elevação dos índices reprodutivos, certos pontos críticos são obstáculos para o aumento da produção mundial.

A inseminação artificial (IA), por exemplo, é utilizada em apenas 8% do rebanho de corte brasileiro (ASBIA, 2014). Isso indica que o restante das fêmeas ainda são acasaladas com touros sob regime de monta natural, dessa forma, os touros que servem a campo são responsáveis por grande parcela de contribuição do material genético no rebanho nacional.

Como consequência dos sistemas de criação estabelecidos no Brasil, o acasalamento ocorre nos meses mais quentes do ano, onde os animais recebem com máxima intensidade os efeitos diretos e indiretos do clima.

A preocupação com a adaptação dos animais ao ambiente é pertinente frente às mudanças alternadas no clima que estão ocorrendo, tais mudanças, podem intensificar o estresse térmico em decorrência de alterações no balanço de energia térmica entre o animal e o ambiente, o qual é influenciado pelos fatores climáticos (radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) e mecanismos de termorregulação (condução, radiação, convecção e evaporação) (SIROHI & MICHAELOWA, 2007), principalmente utilizando múltiplos grupos de touros, estando os touros sujeitos a variações ambientais, interferindo em sua fertilidade e eficácia reprodutiva no rebanho (BERRY *et al.*, 2011).

Segundo trabalhos de Vale Filho e colaboradores (1981), a degeneração testicular é a mais importante causa de subfertilidade e infertilidade de touros que servem a campo, a qual está diretamente relacionada ao estresse térmico sofrido pelos animais. O estresse térmico 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.

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 (MENEGASSI *et al.*,

2011). Vários fatores, tais como genética, nutrição, idade e condição corporal podem influenciar a taxa de fertilidade. Pesquisas recentes têm sugerido associações entre o meio ambiente e a fertilidade em touros de corte, (MENEGASSI *et al.*, 2015a; MENEGASSI *et al.*, 2016a; MENEGASSI *et al.*, 2016b).

As mudanças nas funções biológicas dos animais devido ao estresse térmico 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 de cios, 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).

Este estudo tem como objetivo caracterizar os efeitos do ambiente sobre o desempenho reprodutivo de bovinos de corte, considerando fatores fisiológicos, hormonais e enzimáticos, os quais respondem a determinadas condições climáticas.

2 REVISÃO ANATO-FISIOLOGICA

2.1 Anatomia e fisiologia do sistema reprodutivo da fêmea bovina

O sistema reprodutivo feminino bovino é composto por vulva, vagina, cérvix, útero, oviduto e ovários. A vulva é a genitália externa e constitui o fechamento externo do trato genital feminino por meio dos lábios. A vagina é o órgão copulatório, é na sua porção final que há deposição do sêmen, tem um formato tubular e variados diâmetros internos, apresentando um comprimento médio de 30 cm e permite o alojamento do pênis no momento da cópula (BALL & PETERS, 2006). A cérvix representa a porção final do ventre, situa-se cranialmente a vagina, contém uma estrutura de anéis cartilagosos, funcionando como uma barreira de seleção e um reservatório de espermatozóides viáveis, além de conferir proteção para a o ambiente uterino durante a gestação (PANSANI & BELTRAN, 2009). Seu tamanho, espessura e forma são diferentes em cada fêmea, medindo de 5 a 15 cm aproximadamente (BALL & PETERS, 2006).

O útero é dividido em três partes, corpo, cornos e colo, tendo um septo intercornual que separa os dois cornos. A principal função uterina é de abrigar o embrião e posteriormente o feto, fornecendo proteção e nutrição adequada para seu desenvolvimento, além do transporte de espermatozóide e participação na regulação da função do corpo lúteo (CL) (PANSANI & BELTRAN, 2009).

De formato sinusóide, o oviduto tem a função de captação e condução do óvulo, e fundir com o espermatozóide ocorrendo assim à fecundação, e posteriormente descer para o útero. O oviduto é dividido em três segmentos: infundíbulo, ampola e ístmo. O infundíbulo capta os oócitos recém ovulados, através das fimbrias. A ampola é a porção onde ocorre a fertilização. Os óvulos fertilizados são transportados da ampola para o útero por contrações musculares peristálticas e pelos cílios da tuba uterina, sentido útero. No istmo, ocorre o processo de estocagem e capacitação espermática, além da manutenção dos embriões até que atinjam o estágio de blastocisto, com a formação de 8-16 células (FURTADO *et al.*, 2011).

Os ovários estão localizados na cavidade pélvica, ligeiramente mediais às pontas dos cornos uterinos, encontram se em número de dois e possuem função exócrina e endócrina: produção de células germinativas e a secreção de hormônios gonadais (estrógeno e progesterona), geralmente em formato de amêndoas, peso ao redor de 15 a 20 gramas, 4 cm de comprimento e 2,5 cm de largura (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

2.1.1 Ciclo estral

O ciclo estral bovino ocorre independente da estação do ano, mas para isso as condições de nutrição e adaptação ambiental têm que estar adequadas, caracterizando a vaca como um animal poliéstrica não-sazonal (REECE, 2006).

O ciclo estral da vaca tem duração média de 21 dias (17 e 25 dias), de acordo com a fase hormonal do ciclo, é dividido em quatro fases: pró-estro, estro, metaestro e diestro. A primeira fase é o pró-estro (ou fase estrogênica), é a fase que antecede o cio com duração média de 2 a 3 dias. Tem como sinais a inquietação, cauda erguida, urina constantemente, vulva edemaciada e brilhante, diminuição do apetite, mugir constantemente, estresse, liberação de muco, tende a agrupar-se a outros animais, e um sinal marcante no final é a vaca montar em outras fêmeas, e não se deixa montar (OLIVEIRA, 2006).

A segunda fase é o estro (também constitui uma fase estrogênica) se caracteriza por uma fase de curta duração de 11-18 horas, é quando a fêmea apresenta sinais de receptividade sexual e manifestação do cio (VALLE, 1991; BARROS *et al.*, 1995)..

A terceira fase, o metaestro (fase progesterônica), a fase de mais difícil caracterização, marcada pela ovulação e formação do corpo lúteo. Dura aproximadamente 2 ou 4 dias (FURTADO *et al.*, 2011).

A quarta fase, o diestro (fase progesterônica), é a mais longa do ciclo estral marcada pela atividade do corpo lúteo e secreção de progesterona (P4), sua duração é em torno de 14 dias e, termina quando o CL é lisado, iniciando um novo ciclo fisiológico (MARTIN, 2008; PANSANI *et al.*, 2009).

O processo de foliculogênese (ativação, crescimento e maturação folicular) tem início com a formação dos folículos ainda durante a vida fetal, ou seja, ao nascimento as fêmeas já têm estabelecido o número de folículos primordiais nas suas gônadas (GONÇALVES *et al.*, 2008).

A oogênese, processo de formação do oócito no interior dos folículos, se inicia com o desenvolvimento dos folículos primários que contem o oócito, e evolui para folículos secundários que contem o oócito e as células de granulosa e já começam a formar o antro; e por fim, folículo terciário que contem oócito, células da teca e da granulosa (HAFEZ & HAFEZ, 2004; LIMA-VERDE *et al.*, 2011).

O ciclo estral é caracterizado por uma série de ondas foliculares, em cada onda, aproximadamente de 5 a 7 folículos antrais (3 a 5 mm de diâmetro) sensíveis às gonadotrofinas são estimulados a iniciar o crescimento. Deste grupo emerge um folículo dominante, que continua seu crescimento e secreta altas concentrações de estradiol (E2), inibina e outros fatores, que faz com que os outros folículos entrem em atresia e regressão. Quando o CL está presente, o folículo dominante continua seu desenvolvimento até atingir seu tamanho máximo. A perda da funcionalidade do folículo dominante resulta no aumento transitório do hormônio folículo estimulante (FSH) plasmático, que estimula a emergência de uma nova onda folicular. O padrão de crescimento em ondas foliculares é repetido até que a presença de um folículo dominante coincida com a regressão do corpo lúteo, marcando o início de um novo ciclo estral. Quando há diminuição na concentração de P4, é produzida pelo CL, retira-se o efeito de feedback negativo sobre o hipotálamo e hipófise que aliado ao aumento da concentração de estradiol permitem o aumento na frequência de pulsos de hormônio luteinizante (LH), seu pico pré-ovulatório e a ovulação do folículo dominante. Após a ovulação, é formado o corpo lúteo, tendo como função a síntese de P4 (PANSANI & BELTRAN, 2009; FURTADO *et al.*, 2011).

As glândulas endócrinas envolvidas na fisiologia reprodutiva são: hipotálamo, hipófise e ovários. O Hipotálamo secreta hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) para a adenohipófise pelo sistema porta hipofisário, e também ocitocina, para a neurohipófise, através da haste neural. A hipófise, depois de estimulada pelo GnRH, secreta as gonadotrofinas: FSH, LH, e prolactina (LIMA-VERDE *et al.*, 2011).

O E2 regulamenta a ciclicidade reprodutiva devido a estimulação do pico de GnRH, enquanto a P4 controla a duração do ciclo estral, por modificar a resposta do sistema neurosecretório do GnRH ao estradiol (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

2.2 Anatomia e fisiologia do sistema reprodutivo do macho bovino

O sistema reprodutivo do touro é constituído por testículos, epidídimos, ductos deferentes, glândulas acessórias (vesículas seminais, próstata, ampolas deferentes e bulbo-uretral), 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, LH e FSH, liberados pela adenohipófise. A temperatura escrotal deve ser mantida entre 2°C 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.*, 2015b). Conseqüentemente, 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 uma causa comum de infertilidade em touros (KASTELIC, 2013).

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 hiperexia, edema e traumatismos (VANDERMARK & FREE, 1970; BARTH & BOWMAN, 1994; MENEGASSI *et al.*, 2015b). 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. 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 dartos, 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 (BLANCHARD *et al.*, 1992; 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 espermatozoide através do epidídimo dura cerca de 10 dias no bovino. Na cabeça do epidídimo estão localizados aproximadamente 36% dos espermatozóides e, no

corpo, cerca de 18%. A cauda do epidídimo tem a capacidade de armazenar de 45% até 70% dos espermatozoides, 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 de diâmetro 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.

O pênis é o órgão copulador que tem origem com os pedúnculos no arco isquiático, os quais se juntas 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 glande, na fase pré-púbere, acha-se aderida ao prepúcio, por um ligamento (ASHDOWN, 1973), que desaparece antes da puberdade, em média aos 17 meses de idade no Nelore. 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).

2.2.1 Espermatogênese

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 espermiogênese, desde espermátide até espermatozoide, leva aproximadamente 17-18 dias no touro (GARNER & HAFEZ, 2004; HAFEZ & HAFEZ, 2004).

Na espermatogênese, as células sofrem uma série contínua de divisões celulares e modificações de desenvolvimento, começando na periferia e progredindo em direção à luz tubular dos túbulos seminíferos. As espermatogônias dividem-se por várias vezes antes de formarem espermátocitos. Os espermátocitos então passam pelo processo de meiose, reduzindo o conteúdo de ácido desoxirribonucléico (DNA) das células à metade daquele das células somáticas. Esta série de divisões celulares é conhecida por espermatocitogênese. As células haplóides resultantes deste processo são chamadas de espermátides, as quais sofrem uma série progressiva de modificações estruturais e de desenvolvimento dando origem aos espermatozoides, células altamente especializadas para alcançar e fertilizar os oócitos (RUSSELL *et al.*, 1990). Tais modificações metamórficas são conhecidas por espermiogênese.

São as gonadotrofinas que controlam a proliferação e diferenciação das células de Sertoli e Leydig, de modo que os esteroides agem sobre o desenvolvimento das células germinativas.

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 espermátocitos primários, sua população é proliferativa, cujas células são capazes de se dividir para formar espermátocitos 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. Todo processo de espermatocitogênese divisional, desde espermatogônia até espermátide no touro, leva aproximadamente 44-45 dias (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 espermátide. Esse processo continua até que aproximadamente dois terços da porção anterior de cada núcleo da espermátide 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 espermátides em desenvolvimento. As modificações de desenvolvimento são favorecidas pela rotação de cada espermátide, 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 espermátides alongadas em células que são liberadas para dentro da luz dos túbulos seminíferos. A modificação da forma do núcleo e do acrossomo de cada espermátide, 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 espermátides 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 espermátides 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 normalmente se degeneram durante o transcorrer da espermatogênese (GREEP, 1976; HAFEZ & HAFEZ, 2004).

3 BEM-ESTAR ANIMAL

O termo bem-estar animal é definido como sendo “o estado do animal em relação as suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente, sendo uma característica própria, não algo que pode ser fornecido” (BROOM, 1986). Os animais mostram sinais inequívocos que refletem dor, angústia, medo, frustração, raiva, e outras emoções que indicam sofrimento.

O bem-estar animal teve seu início em 1960 com Ruth Harrison em seu livro “Máquinas Animais”, onde ela apontava os maus tratos na produção animal e o inadequado manejo praticado nas propriedades rurais. Em 1967 estabeleceu-se a Comissão de Bem-estar dos Animais de Produção (Farm Animal Welfare Advisory Committee – FAWAC) dando origem ao Conselho de Bem-estar dos Animais de Produção, e divulgando as chamadas Cinco Liberdades: livre de dor, livre de aflição, livre de doenças ou lesões, livre de fome e sede, sendo livre para expressar seus comportamentos normais (HOTZEL, 2004).

O estado do animal é variável e multifatorial, a partir da análise dos fatores que se pode pressupor o nível de bem-estar do animal, sendo o “bom nível” alcançado quando os estados negativos estão ausentes e/ou os positivos estão presentes (MELLOR; PATTERSON-KANE; STAFFORD, 2009). Alguns sinais de bem ou mal estar são evidenciados por mensurações fisiológicas. Por exemplo, aumento de frequência cardíaca, atividade adrenal, atividade adrenal após desafio com hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) ou resposta imunológica reduzida após um desafio podem indicar que o bem-estar está mais reduzido que em indivíduos que não mostrem tais alterações (MOBERG, 1985). Mensurações do comportamento têm igualmente grande valor na avaliação do bem-estar. O fato de um animal evitar ou refugar ir a um lugar fornece informações sobre seus sentimentos e, em consequência, sobre seu bem-estar. Quanto mais forte a reação de esquiva, mais pobre será o bem-estar durante a presença do objeto ou do fato. Comportamentos anormais, tais como estereotípias ou comportamento excessivamente agressivo indicam que o indivíduo em questão encontra-se em condições de baixo grau de bem-estar. Quando em algum momento um indivíduo não tem alterações em seu comportamento, e na sua homeostase, este provavelmente encontra-se em condições satisfatórias, fatos que são indicados na análise de parâmetros fisiológicos do estado mental e do comportamento (BROOM & MOLENTO, 2004).

3.1 Homeostase térmica

Homeostase é a capacidade do organismo em manter invariável a regulação do meio interno, estabilidade fisiológica, mesmo diante das flutuações do ambiente externo. Esta manutenção ocorre por meio de inúmeros mecanismos fisiológicos e comportamentais (MELLACE, 2009). Os bovinos, por serem animais homeotérmicos, possuem a regulação da temperatura feita pelo sistema nervoso autônomo, controlado pelo hipotálamo e por respostas comportamentais, controladas pelo sistema motor (RIBEIRO, 1996), portanto, mantém a temperatura corpórea relativamente constante independente das variações ambientais. De acordo com Lista e colaboradores (2005), sob temperaturas elevadas as células termorreceptoras periféricas são estimuladas a enviarem ao hipotálamo a mensagem de perda de calor, enquanto sob baixas temperaturas, essas células enviam ao hipotálamo a determinação de ganho de calor. Condições como a idade, estação do ano, hora do dia, temperatura ambiente, atividade, alimentação, ruminação e água podem influenciar na diferenciação da temperatura corporal dos homeotérmicos (SILVA, 2000; URIBE-VELASQUEZ *et al.*, 2001; CATTELAM, 2013).

A quantidade total de calor de um animal depende de seu metabolismo, das reações pelas quais a energia é transformada em calor e da temperatura ambiental a qual o animal está submetido. Para que a homeostase ocorra, é necessário que haja equilíbrio entre a produção (termogênese) ou absorção e as perdas de calor (termólise), conseguido por alterações fisiológicas, metabólicas e comportamentais, de modo a sustentar a homeostase e minimizar as consequências adversas da hipo ou hipertermia, dependendo da circunstância. A retenção de calor no corpo pode ser medida como a diferença entre o calor perdido, determinado através de calorimetria direta, e calor produzido, determinado pela troca de gases e pela excreção urinária de nitrogênio. Neste processo de ajuste, entretanto, as funções menos vitais ao organismo, como o desempenho produtivo e reprodutivo, comportamento e o bem-estar podem ser atingidas quando a intensidade e a duração dos estressores ambientais excedem a capacidade compensatória dos animais, geneticamente determinada (BERTIPAGLIA, 2007).

Um animal produz calor mesmo estando em repouso, devido à atividade metabólica de órgãos e músculos involuntários. Certas atividades fazem com que esse organismo o gere maior quantidade de calor, como por exemplo, em casos de alimentação ou exercício. A termogênese é diretamente proporcional à taxa de metabolismo corporal, de 40 a 60% da energia proveniente da hidrólise do ATP é perdido sob a forma de calor, sendo essa taxa de

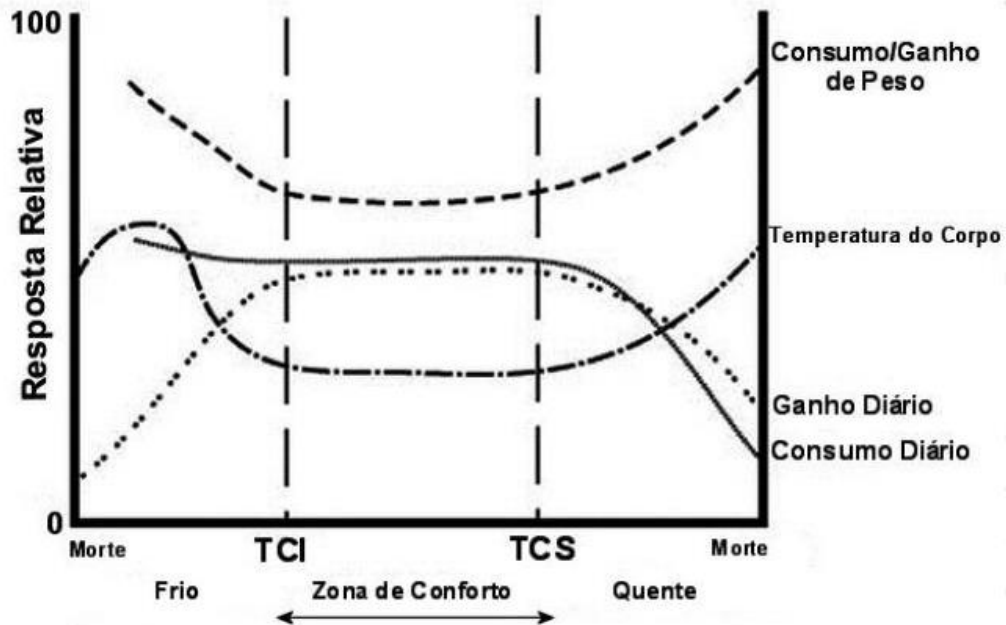
metabolismo corporal dependente de alguns fatores tais como: taxa de metabolismo basal de todas as células corporais, pois para cada aumento da temperatura no valor $0,6^{\circ}\text{C}$, esta taxa aumenta aproximadamente 10% (MAGALHÃES *et al.*, 2001), a taxa de metabolismo adicional decorrente da atividade muscular; a taxa de metabolismo adicional secundário ao efeito da tiroxina e, em menor grau por outros hormônios como o hormônio do crescimento ou a testosterona, a nível celular, taxa de metabolismo adicional causada pelo efeito da adrenalina, noradrenalina e pela estimulação simpática a nível celular e pela taxa de metabolismo adicional por um aumento intrínseco da atividade química nas próprias células.

3.2 Zona de conforto térmico

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). É quando o gasto de energia para manutenção é mínimo, ocorrendo maior eficiência produtiva, reprodutiva e demais mecanismos (MELLACE, 2009). Dentro da zona de termoneutralidade (Figura 1) 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. 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 térmica ótima, 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 (TCS), 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.

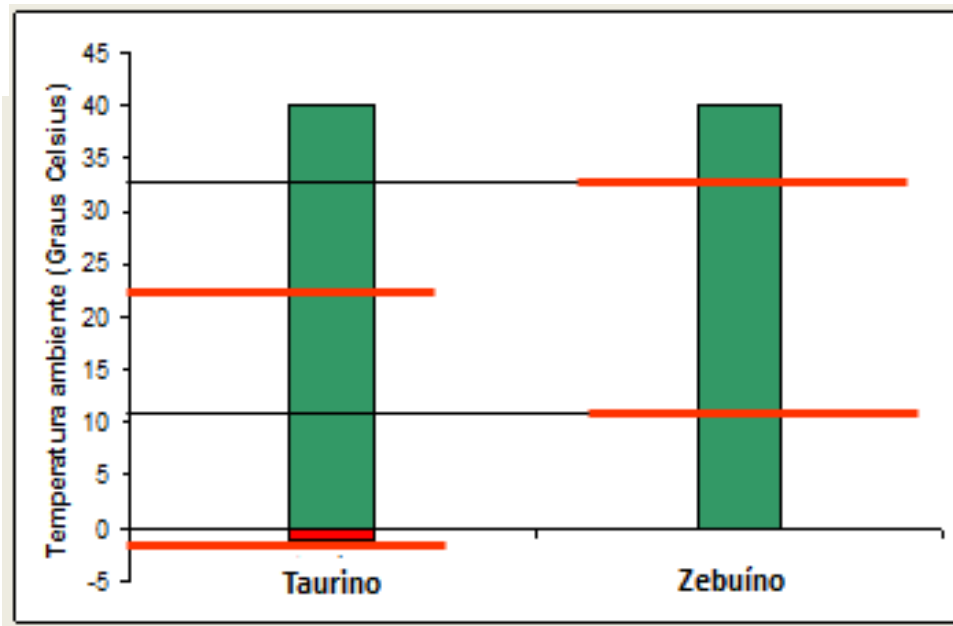
Figura 1. Zona de conforto térmico ou termoneutralidade (TCI = Temperatura crítica inferior; TCS = Temperatura crítica superior)



Fonte: HOGBERG *et al.* (2003)

Os animais de produção possuem zonas de conforto térmico, a qual depende da espécie animal, do estado fisiológico, da umidade relativa e velocidade do ar, além do grau de radiação solar (CATTELAM, 2013). As raças bovinas são divididas em dois grandes grupos, os de origens europeia (*Bos taurus taurus*) e os de origem indiana (*Bos taurus indicus*). Taurinos e indicus possuem diferenças morfológicas e fisiológicas que refletem não só as 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 (Figura 2).

Figura 2. Zona de conforto térmico de taurinos e zebuínos



Fonte: BIANCA (1970); HAHN (1976); SALEM *et al.* (1882)

Os bovinos apresentam diferentes níveis de temperatura ideal para entrar ou permanecer na zona de termoneutralidade, a zona de conforto térmico dos taurinos é entre -1°C e 16°C, enquanto para zebuínos é de 10°C a 27°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°C e 60 a 70%, respectivamente, segundo Pires e colaboradores (2003), sendo que para vacas em lactação esta faixa estende-se de 4°C a 24°C (MARTELLO, 2002), entre 18 e 21°C para bovinos recém-nascidos, reduzindo-se aos limites de 7°C a 21°C em função da umidade relativa do ar e da radiação solar (NÄÄS & SILVA, 1998).

3.3 Índice de conforto térmico

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). Um dos índices bastante usado para caracterizar o ambiente é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o qual 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.

O ITU também para animais criados a pasto é o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) (BUFFINGTON *et al.*, 1981), que considera a temperatura do globo negro e a temperatura do ponto de orvalho, que segundo os autores, é um indicador de conforto ambiental mais acurado que o ITU. Para bovinos, valores de ITGU de 79 a 84 caracterizam uma situação perigosa, e acima de 84, emergência (BAÊTA, 1985).

Para avaliação da adaptação fisiológica dos bovinos a campo, o teste de tolerância ao calor proposto por Baccari Júnior *et al.* (1996) tem se apresentado eficiente, apresenta alta correlação positiva com o ganho de peso, mostrando-se efetivo para avaliação de desempenho (TITTO *et al.*, 1994). Esse teste baseia-se na capacidade de dissipação de calor dos animais, após a exposição dos mesmos à radiação solar direta. Consiste em colocar os animais em ambiente de sombra durante duas horas, após esse tempo faz-se a primeira mensuração da temperatura retal dos animais (TR1) em seguida os animais devem ser expostos diretamente ao sol por uma hora, após essa exposição, os mesmos devem retornar à sombra e permanecer por uma hora, ao final desse tempo deve ser feita a segunda mensuração (TR2), cujas médias devem ser aplicadas à fórmula do ITC = 10 - (TR2 - TR1), quanto maior o índice mais tolerante é o animal ao ambiente. O ITC tem sido utilizado com frequência por diversos autores (TITTO *et al.*, 1994; SANTOS *et al.*, 2003; TITTO *et al.*, 2006; VERÍSSIMO, 2008; SOUZA *et al.*, 2008).

O Índice de Temperatura Equivalente (ETI) tenta descrever o impacto do ambiente térmico em termos de temperatura efetiva, combinando temperatura, umidade e velocidade do ar (BAÊTA *et al.*, 1987; BAÊTA & SOUZA, 1997), é descrito pela equação:

$$ETI = 27,88 - 0,456.ta + 0,010754.(ta)^2 - 0,4905.h + 0,00088.(h)^2 + 1,1507.v - 0,126447.(v)^2 + 0,019876.t.h - 0,046313.t.v$$

Onde, t_a = temperatura do ar em bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), h = umidade relativa (%) e v = velocidade do vento (m/s).

4 ESTRESSE

O estresse é uma resposta não específica do organismo para qualquer exigência sobre este, em que o indivíduo responde com uma resposta homeostática estereotipada (SELYE, 1973). Existem respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas à agressão do organismo em sua totalidade (MEIRELES, 2005). O estresse foi classificado por Selye (1955), em 3 estágios: (1) reação de alarme ou mobilização das defesas, (2) estágio de resistência, associada com energia adaptativa e redução dramática nos processos de reação de alarme e (3) estágio de exaustão. No primeiro estágio a adaptação ainda não ocorreu. No segundo, a adaptação é ótima e no terceiro, a mesma foi perdida. De acordo com Breazile (1988), podemos identificar 3 graus ou formas de estresse: eustresse (representa o estímulo que inicia as respostas benéficas no organismo, sendo as variações próximas do normal, incluindo alterações cardiovasculares, respiratórias e metabólicas), estresse neutro (estímulo que sendo de pouca intensidade não traz prejuízos para o indivíduo) e diestresse (compreende um estímulo que pode ser prejudicial, interferindo no conforto e na capacidade reprodutiva do indivíduo). Assim, o estresse serve para proteger o estado homeostático do indivíduo. Por outro lado, também pode aumentar a susceptibilidade a doenças, denominadas de "doenças de adaptação" por induzir alterações patológicas, as quais resultam principalmente de erros na "síndrome geral de adaptação" (SELYE, 1955).

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 são atingidos pelo 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). Desta forma, o estresse pode interferir nos mecanismos fisiológicos do sistema reprodutor dos animais domésticos. Os efeitos deletérios na reprodução ocorre 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.

O ambiente é composto de fatores estressores que interagem e inclui todas as combinações nas quais os organismos vivem (BACCARI JUNIOR, 1998). O estresse climático é causado pelos elementos climáticos, principalmente a temperatura, umidade, velocidade do ar e a radiação solar.

4.1 Respostas fisiológicas em decorrência do estresse

O corpo do animal sofre diversas alterações fisiológicas frente aos estímulos externos e internos, estes estímulos são canalizados via sistema nervoso até o hipotálamo, onde é liberado o hormônio liberador da corticotropina (CRH). O CRH é transportado até a hipófise, estimulando a síntese e a liberação de adrenocorticotropina (ACTH), que por sua vez estimula a liberação de cortisol pelas glândulas adrenais. Randall (2010) sugere que os glicocorticoides são as moléculas responsáveis por regular a intensidade da resposta ao estresse, sendo o cortisol o hormônio primário responsável por restaurar a homeostase, sendo liberado após exposição a situações estressantes. É o chamado eixo hipotálamohipófise-adrenal. O CRH também estimula o sistema nervoso simpático – adrenal e a secreção de hormônios catecolaminas, adrenalina e noradrenalina (epinefrina e norepinefrina), responsáveis pela resposta frente ao estresse em curto prazo, conhecida como Síndrome de Emergência, que prepara o organismo para a “luta ou fuga”, com sinais como aumento da frequência respiratória e cardíaca.

Outra resposta ao estresse ocorre durante um período mais longo, após a Síndrome de Emergência, permitindo ao animal se adaptar-se à nova situação. Este componente da resposta do organismo ao estresse envolve mudanças significativas no sistema endócrino e autônomo, conhecido como a Síndrome Geral da Adaptação. A liberação do cortisol estimulada pela liberação de ACTH atua sobre o metabolismo, aumentando o catabolismo protéico, a

gliconeogênese no fígado, inibe a absorção e a oxidação da glicose, além de estimular o catabolismo de triglicérides no tecido adiposo. A importância disso está no fato de que os estressores crônicos mobilizam energia constantemente, desviando-a da produção, (ZULKIFLI & SIEGEL, 1995).

O estresse é uma reação do organismo a uma reação do ambiente, numa tentativa de manter a homeostase. Mas o estresse crônico, entretanto, leva a uma outra reação, conhecida como “desistência aprendida”. O animal “aprende” que sua reação ao meio desfavorável não resulta em adaptação e, portanto, deixa de reagir. Essa condição tem inúmeras consequências para o organismo animal como, maior fragilidade do sistema imunológico, aumentando a suscetibilidade a doenças; redução da produtividade em alguns casos; ocorrência de comportamento anômalo. Comportamento anômalo é o redirecionamento de um comportamento que o animal tem alta motivação para realizar, mas cujo desencadeamento está impedido pelo ambiente.

4.2 Estresse térmico

A tensão térmica é definida como sendo o resultado da inabilidade do animal em dissipar calor suficientemente para manter a sua homeotermia (WEST, 1999). Os efeitos do estresse térmico afetam o bem-estar dos animais com consequentes perdas econômicas (KADZERE *et al.*, 2002). A susceptibilidade dos bovinos ao estresse calórico aumenta à medida que o binômio umidade relativa e temperatura ambiente ultrapassa a zona de conforto térmico, o que dificulta a dissipação de calor que, por sua vez, aumenta a temperatura corporal, com efeito negativo sobre o desempenho. Dentre os fatores que afetam negativamente o desempenho de animais de alta produção, o estresse por calor é tido como um dos principais agentes (SOUZA *et al.*, 2007). A tolerância térmica varia consideravelmente com o rebanho, a raça e o indivíduo (SILANIKOVE, 2000; VAN LAER *et al.*, 2014).

O estresse por calor é um dos principais limitantes na produção de bovinos nos trópicos, devido às mudanças drásticas que ocorrem nas funções biológicas do animal, causando perdas consideráveis (ABLAS, 2002), como redução do crescimento, diminuição da produção, baixa eficiência reprodutiva, e o aparecimento de doenças nos animais (TITTO *et*

al., 1999; SILANIKOVE, 2000). Embora os bovinos apresentem alta capacidade de manter a homeotermia, em situações de temperaturas elevadas a termólise não ocorre de maneira satisfatória, ocasionando a ação de outros mecanismos para que a dissipação de calor aconteça, como o aumento da frequência respiratória, que é um mecanismo importante para o equilíbrio homeotérmico, contudo eleva o gasto de energia que poderia ser utilizada pelo animal para a produção de carne (TITTO *et al.*, 1999).

Quando o bovino está sob estresse térmico é necessário que o corpo do animal sofra ajustes fisiológicos e comportamentais para se adaptar as mudanças climáticas. Dentre as alterações comportamentais que se observam nos animais sob estresse calórico podem ser citadas: aumento no consumo de água (MEYER *et al.*, 2006), diminuição da ruminção (PIRES & CAMPOS, 2008), diminuição do pastoreio diurno e aumento do pastoreio noturno e tempo de ócio (PARANHOS DA COSTA, 2000). Pires (1998) cita ainda outras alterações comportamentais, como busca pela sombra, distensão dos membros buscando aumentar a superfície de troca, procura por pisos frios e molhar a superfície corporal.

Segundo St-Pierre e colaboradores (2003) ocorrem perdas anuais médias de 897 e de 369 milhões de dólares na bovinocultura de leite e de corte, respectivamente, em virtude do estresse calórico.

É possível inferir se determinado grupo de animais se encontra sob estresse térmico através da amostragem de temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR). A temperatura retal é usada, frequentemente, como índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (MOTA, 1997). Se os animais apresentarem a temperatura corporal acima de 39,4°C é sinal que estes animais estão exibindo sintomas de estresse calórico, em estresse calórico severo, a temperatura das vacas pode exceder a 40°C, a referência fisiológica para essa variável está entre 38 e 39,5°C sob condições termoneutras (DUPREEZ, 2000). Carvalho e colaboradores (1995) afirmam que existem fatores extrínsecos que podem atuar na variação da temperatura retal como a hora do dia, ingestão de alimentos e de água, estado nutricional, temperatura ambiente, densidade, sombreamento, velocidade dos ventos, estação do ano, exercício e radiação solar e, fatores intrínsecos estão relacionados com a individualidade, como por exemplo, idade, raça, sexo e estado fisiológico (ROBINSON, 1999; STÖBER, 1993). Outro fator intrínseco importante na avaliação da temperatura retal é a capacidade de adaptação do animal ao ambiente. Bovinos zebuínos adaptados aos trópicos são

menos sujeitos aos efeitos extremos da temperatura quando comparados aos bovinos taurinos, mais adaptados aos climas temperados (FERREIRA *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.*, 1995).

A FR normal em bovinos adultos varia entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto (STÖBER, 1993), diante do estresse térmico, a FR eleva-se antes da temperatura retal (BIANCA, 1965) e, geralmente, observa-se taquipnéia em bovinos em ambientes com temperatura elevada (STÖBER, 1993; MULLER *et al.*, 1994). A FR acima de 80 movimentos por minuto é de estresse calórico (PIRES & CAMPOS, 2004). A frequência respiratória está sujeita a variações intrínsecas e extrínsecas. As intrínsecas caracterizam-se pelas respostas aos exercícios físicos, medo, excitação, estado fisiológico e produção de leite (STÖBER, 1993; CARVALHO *et al.*, 1995). Fatores extrínsecos são atribuídos ao ambiente, como condições climáticas, principalmente temperatura e umidade do ar, radiação solar, velocidade dos ventos, estação do ano, hora do dia, densidade e sombreamento (INGRAHAM *et al.*, 1979; IGONO *et al.*, 1985).

Em ruminantes, ocorre uma maior produção de calor oriundo da digestão de alimentos contendo forragens quando comparados com animais que recebem alimentos ricos em concentrado (GUIMARÃES *et al.*, 2001), por esse motivo, os ruminantes por estresse de calor tendem a reduzir a ingestão de forragem volumosa em relação à do concentrado.

4.3 Respostas fisiológicas e comportamentais decorrentes do estresse térmico

As alterações fisiológicas e comportamentais dos animais diante das mudanças de temperatura do ambiente estão relacionadas com as respostas provocadas pelo sistema nervoso autônomo. O principal termorregulador do organismo é o hipotálamo, e por uma série de mecanismo, ocorre ativação hormonal e do sistema nervoso autônomo, com o intuito de preservar a integridade do organismo, mantendo a homeostasia. Em situações em que o organismo necessita de calor, por exemplo, o hipotálamo estimulará a atividade da hipófise, que por sua vez, secretará o hormônio tireotrófico (TSH), estimulando a tireóide a secretar tiroxina (T4). A tiroxina estimula o metabolismo celular, através da formação de triiodotironia (T3), sua forma ativa, estimulando o metabolismo basal a produzir calor (Tabela 1).

Tabela 1. Respostas hipotalâmicas secundárias a alterações térmicas.

	Vias eferentes	Resposta
Frio	Vias simpáticas periféricas	Vasoconstrição
	Secreção de hormônios neuroendócrinos	Aumento da taxa metabólica basal
	Estimulação da medula suprarrenal	Liberação de catecolaminas
	Estimulação do centro motor primário hipotalâmico	Tremores
	Catecolaminas circulantes	Lipólise
Calor	Glândulas sudoríparas	Perda de calor por evaporação/ofegação
	Estimulação das vias parassimpáticas e inibição das vias periféricas	Vasodilatação
	Inibição dos centros simpáticos centrais	Diminuição da taxa de metabolismo basal

Fonte: Adaptado de MAGALHÃES *et al.* (2001)

Para combater os efeitos do estresse de frio, como mecanismos comportamentais eles se abrigam de correntes de vento, se aglomeram e aumentam o nível de atividade física, por outro lado, os principais mecanismos fisiológicos são o aumento da ingestão de alimentos, diminuição da circulação periférica, piloereção, glicogênese por meio de tremor muscular, queima de tecido adiposo e, em último caso, utilização das próprias proteínas num processo catabólico. Para combater o estresse de calor, eles se prostram, se abrigam da radiação solar sob coberturas que proporcionem sombras, procuram lâminas de água ou terrenos úmidos onde se espojam, diminuem a ingestão de alimentos, aumentam a ingestão de água, bem como; aumentam os batimentos cardíacos, a circulação periférica e a taxa de respiração e de sudorese (RODRIGUES *et al.*, 2000; BARROS *et al.*, 2010).

Quando um animal homeotermo é exposto ao estresse pelo calor, a resposta inicial é a vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo na pele e nos membros. A resultante elevação da temperatura na pele e a projeção da temperatura central em direção aos membros aumentam o gradiente térmico entre a pele e o ambiente, promovendo uma maior perda de calor por irradiação e convecção. Se apenas a vasodilatação for insuficiente para manter a temperatura normal, aumenta-se o resfriamento por evaporação, pela sudorese, pelo ofego, ou por ambos (CUNNINGHAM, 1999).

Quando em situações de estresse por calor, o animal realiza alterações na postura corporal, aumentando sua superfície de exposição, de modo que tal reação possibilite maior dissipação de calor para o ambiente. Com a elevação da temperatura, ultrapassando os limites críticos superiores de temperatura, o animal demanda de mecanismos internos de

termorregulação, como aumento do ritmo respiratório. Em climas quentes, a ausência de pelagem favorece a absorção da radiação solar.

Em ruminantes, ocorre uma maior produção de calor oriundo da digestão de alimentos contendo forragens quando comparados com animais recebendo alimentos ricos em concentrado (COLUMBIANO, 2007). Animais sob estresse calórico reduzem a ingestão de matéria seca voluntária em cerca de 25% na tentativa de minimizar a produção de calor.

O aumento da frequência respiratória e na ofegação são mecanismos fisiológicos importantes para a dissipação de calor. No entanto, estes mecanismos de calor demandam energia, resultando no aumento de manutenção diária, o que também resultará em produção de calor (COLUMBIANO, 2007). Uma segunda resposta fisiológica ao estresse por calor é o aumento na taxa respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono, provocando a alcalose respiratória e, como consequência, alteração do equilíbrio ácido-básico (BORGES *et al.*, 2003). Ocorre também, aumento da concentração de glicose em resposta direta à maior secreção de adrenalina, noradrenalina e glicocorticoides (BORGES, 1997; BORGES *et al.*, 2003).

5 TERMORREGULAÇÃO

Todos os processos que ocorrem no organismo para manter seu funcionamento necessitam de uma temperatura adequada. Isso se deve ao fato de tais processos envolverem proteínas, enzimas, reações químicas e físicas que ocorrem mais rapidamente ou de forma muito lenta de acordo com a temperatura do meio em que se encontram. Para regular a temperatura corpórea, o animal homeotérmico possui uma série de sensores de temperatura em diversas localizações do corpo. Esses sensores enviam informações ao cérebro, que inicia então os mecanismos para aumentar ou diminuir a perda (termólise) ou produção (termogênese) de calor (CUNNINGHAM, 1999). A elevação resultante na temperatura cutânea e a extensão da temperatura central pelos membros aumentam o gradiente de temperatura entre a pele e o ambiente, resultando em maior perda de calor por radiação e convecção da mesma forma que quando o animal é exposto ao frio podem haver quadros de tremores involuntários e aumento da secreção de hormônios tireoideanos, o que aumenta o metabolismo e, conseqüentemente, a temperatura (CUNNINGHAM, 1999).

A termorregulação é comandada pelo hipotálamo, determinando vasodilatações ou vasoconstricções, sudação, aceleração do ritmo respiratório, provavelmente queda ou aumento do apetite (sensação de fome), maior ou menor ingestão de água (sensação de sede), maior ou menor intensidade do metabolismo, acamamento ou eriçamento dos pêlos, resultando desses fenômenos conforme sua ação num ou em outro sentido, maior ou menor termogênese ou maior ou menor termólise (MEDEIROS & VIEIRA, 1997). Os mecanismos de troca de calor entre animal e ambiente são realizados a partir de mecanismos sensíveis – que influenciam a temperatura ambiental - e latentes – que não interferem na temperatura do ambiente. São considerados como mecanismo de perda sensível: radiação, condução e convecção; e insensíveis ou latentes as perdas que ocorrem através de evaporação da água do corpo (RIBEIRO, 1996). Os mecanismos de condução, convecção e radiação dependem da existência de gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente (FERREIRA, 2000). Uribe-Velasquez *et al.* (1998) relatam que a intensidade dos efeitos negativos da temperatura ambiental elevada dependem da eficiência dos mecanismos termorreguladores dos animais.

6 ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA

Os bovinos representam um dos maiores componentes da economia pastoril mundial e sua evolução tem sofrido a influência antrópica por várias gerações, com a seleção de características conforme a necessidade e a importância econômica (GIANNONI & GIANNONI, 1987). A avaliação 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. Os animais que apresentam menor aumento na temperatura retal e menor frequência respiratória são considerados mais tolerantes ao calor (BACCARI JR, 1996). Os animais criados atualmente são fruto de milhares de anos de seleção natural. Os que conseguiram se adaptar ao meio em que viviam sobreviveram e os que não conseguiram, ou morreram ou tiveram de migrar para regiões mais favoráveis para a sua sobrevivência.

Quando os animais são continuamente expostos às mudanças do meio ambiente, eles podem desenvolver mudanças estruturais e funcionais que resultam em um aumento na sua capacidade de viver neste ambiente, sem estresse. 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.

Há diferenças marcantes entre os zebuínos e os taurinos, principalmente em termos de tolerância ao calor. Os zebuínos são originários de países de clima quente, enquanto os taurinos de regiões de clima temperado, o que os faz mais adaptados ao calor. São nítidas as diferenças anatômicas e fisiológicas de adaptação aos climas tropicais. Os zebuínos apresentam maior relação área/volume de superfície corporal, membros mais longos e mais irrigados, melhor capacidade de sudação, iniciam sudação em temperaturas de pele e retal mais baixas (FERREIRA, 2010), e um número maior de glândulas sudoríparas em relação aos taurinos, além de outras características intrínsecas da espécie, que permite maior capacidade termorregulatória, fazendo com que sejam mais tolerantes aos climas quentes do que os bovinos de origem de clima temperado.

Os bovinos sob condições de estresse térmico procuram em primeiro lugar a sombra, mas utilizam também a água para imersão. Principalmente os bovinos europeus, por serem

menos tolerantes ao estresse calórico. A água é um meio importante para dissipação de calor através da condução. Verificou-se que animais de raças europeias, frente à disponibilidade de sombra e água, utilizaram os recursos disponíveis contra o calor durante grande parte do dia, especialmente nos horários de temperaturas mais elevadas, sendo a sombra o recurso mais utilizado, porém a água também foi utilizada. As atividades de ruminção e ócio ocorreram com maior frequência quando os animais estavam deitados à sombra (GLASER, 2008).

Dentre as raças zebuínas, a Nelore é a que vem sofrendo maior intensidade de seleção no Brasil, algumas das características da raça a torna bastante aceita pelos criadores, como a capacidade de aproveitamento das forragens, agilidade dos bezerros, sua facilidade para mamar e a fertilidade de vacas e touros (GLASER, 2008). Com a coloração branca ou cinza claro e pele escura, característica que favorece a raça para enfrentar ambientes de altas temperaturas e radiações.

7 ESTRESSE TÉRMICO E SUA INFLUÊNCIA NA REPRODUÇÃO

Os fatores ambientais, principalmente os climáticos, a alimentação e o manejo reprodutivo, tem efeito direto sobre a performance reprodutiva dos animais, quando os mecanismos de termorregulação são incapazes de promover a perda de calor de forma adequada. É sabido que as características de fertilidade apresentam, em geral, baixa herdabilidade (DAVEMPORT *et al.*, 1973), portanto, o ambiente exerce marcada influência sobre a vida reprodutiva, com efeitos evidentes que resultam muitas vezes na diminuição da eficiência reprodutiva.

A eficiência reprodutiva dos ruminantes é geralmente menor nos animais localizados nos trópicos do que aqueles de zonas temperadas (FOOTE *et al.*, 1990), devido a alta temperatura da maioria dos ambientes tropicais, os processos reprodutivos são afetados. A eficiência reprodutiva dos ruminantes nos trópicos pode ser melhorada protegendo os animais das altas temperaturas e umidade e providenciando uma alimentação adequada durante os períodos de seca. As limitações para obtenção de altos índices zootécnicos, no Brasil, decorrem do fato de animais geneticamente desenvolvidos em clima mais ameno serem criados em ambientes de clima quente (NÄÄS & SILVA, 1998).

7.1 Interferência sobre a reprodução de machos

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 (NICHII *et al.*, 2006; MENEGASSI *et al.*, 2015a, 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 espermatozóides (SILVA, 2000). Temperaturas corporais elevadas durante períodos de temperatura ambiental elevada podem levar a degeneração testicular e reduzem a porcentagem de espermatozóides normais e férteis na ejaculação (HAFEZ & HAFEZ, 2004; MEYERHOEFFER *et al.*, 1985). Menegassi e colaboradores (2015a) 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. Existem variações sazonais na qualidade do sêmen chamada “esterilidade de verão”, um fenômeno caracterizado pela queda transitória na fertilidade de animais criados nas regiões tropicais (KUMI-DIAKA *et al.*, 1981).

Em um estudo 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 (SKINNER & LOUW, 1966). Além disso, touros *Bos taurus* são mais suscetíveis do que os touros *Bos indicus* a temperaturas ambientes elevadas (SKINNER & LOUW, 1966). A este respeito, diminuiu a qualidade do sêmen e foi menos grave em touros mestiços (*Bos indicus* x *Bos taurus*) do que em *Bos taurus* expostos a altas temperaturas ambientes, ocorrendo mais tarde uma recuperação mais rapidamente nos mestiços (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.

O testículo opera na beira da hipóxia em condições fisiológicas, enquanto que em situações de aumento da temperatura escrotal e testicular, o metabolismo aumenta a utilização de oxigênio, mas o fluxo de sangue no testículo permanece constante, resultando hipóxia (KASTELIC, 2013).

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 espermatozóides que são mais maduros geralmente têm anormalidades metabólicas e estruturais (SETCHELL *et al.*, 1971).

Os espermatozóides podem sofrer danos em virtude da produção de radicais livres, porém não se sabe o tempo necessário para que a produção de radicais livres aumente (VIANNA, 2000).

O comportamento sexual de touros europeus pode ser afetado pelo calor (CHENOWETH, 1981; COSTA E SILVA, 2004), enquanto touros zebus não têm apresentado diminuição da libido sob alta temperatura e umidade (CRICHTON & LISHMAN, 1988; COSTA E SILVA, 2004). 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.

8.2 Interferência sobre a reprodução de fêmeas

Os efeitos do estresse térmico agem sobre os folículos das vacas, que tendem a produzir oócitos de menor capacidade de fertilização, e caso haja a fertilização, os embriões passam a ter desenvolvimento anormal (CRUZ, 2011). Bertiplagia (2007) demonstrou que oócitos bovinos maturados *in vitro* sob temperatura de 43°C por 45 ou 60 minutos resultaram em menor número de blastocistos e blastócitos expandidos. Em concordância, Viana (2002) relatou que os oócitos presentes no ovário sob estresse térmico são afetados por longos períodos após a injúria, a hipersensibilidade dos oócitos ao estresse térmico se deve a falta de produção das proteínas de choque térmico como a Glutathione. Os folículos são danificados pelo estresse, mas continuam crescendo, os oócitos ovulados são subférteis durante vários meses após a diminuição do estresse calórico. O estresse térmico também afeta o desenvolvimento placentário (THATCHER & COLLIER, 1981; COLLIER *et al.*, 1982), alteração na produção de hormônios da placenta, durante o máximo crescimento placentário. Mudanças no perfil hormonal e na capacidade funcional da placenta e o crescimento intrauterino retardado foram associados à redução do peso da placenta. A relação entre placenta e feto implica que o crescimento da placenta deve preceder o crescimento fetal, de modo que deficiências da placenta interferirão no subsequente desenvolvimento fetal (BERTIPAGLIA, 2007).

Fêmeas expostas a alta intensidade de calor podem ter seu comportamento sexual reduzido, com duração de 8 a 10 horas, dificultando no diagnóstico de cio (CRUZ, 2011). A taxa de prenhes diminui (SILVA *et al.*, 2010), há sensibilidade do embrião nos estágios iniciais do desenvolvimento, quando exposto a um aumento da temperatura corpórea. Quando a temperatura do útero no dia seguinte a inseminação encontra-se 0,5°C acima da média que é 38,3°C, a taxa de concepção cai 6,9%. Deste modo, uma temperatura uterina de 38,8°C está

associada à queda na taxa de concepção (CRUZ *et al.*, 2011). Existe efeito do estresse por calor sobre a fertilidade de receptoras bovinas em programas de transferência de embriões, observando variação significativa para o tempo de permanência no curral e a diferença entre a temperatura vaginal e a da pele, entre as fêmeas prenhes e não prenhes. (KATAYAMA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2010)

O desenvolvimento embrionário de novilhas superovuladas mantidas sob condições hipertérmicas apresentam elevada incidência de embriões degenerados ou retardados (BERTIPAGLIA, 2007). O estresse térmico causa a redução no peso do corpo lúteo e na produção de progesterona e aumenta a incidência de morte embrionária. A mortalidade embrionária em vacas hipertérmicas (acima de 39°C, para raças europeias) tem como causa alterações na síntese de proteínas do embrião, envolvidas no desenvolvimento e reconhecimento materno fetal. Além disso, a atividade secretora do endométrio uterino é alterada em resposta ao estresse térmico e contribui para menor fertilidade (BERTIPAGLIA, 2007).

8 CONCLUSÃO

Considerando a dimensão e a variedade de climas do Brasil e as mudanças climáticas que estão acontecendo, bem como a necessidade de aumentar a produção de alimentos, é imprescindível que se escolha corretamente a raça e o sistema de criação os quais os animais serão submetidos, para atender adequadamente às exigências específicas, que promovam melhores condições de conforto e bem-estar aos animais fazendo com que as perdas reprodutivas e, conseqüentemente as perdas produtivas sejam diminuídas.

REFERÊNCIAS

- ABLAS, D. S. **Comportamentos de búfalos a pasto frente à disponibilidade de sombra e água para imersão no Sudeste do Brasil**. 2002. 70 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.
- AMMAN, R. P.; SCHANBACHER, B. D. Physiology of male reproduction. 3. **Anin. Sci.**, 57 (Suppl.2.):380-403, 1983.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p. 2044-2050, 1994.
- ASBIA, Associação Brasileira de Inseminação Artificial. Index ASBIA do mercado, 2014.
- ASHDOWN, R. R. Persistence of the penile frenulum in young bulls. **Vet. Rec.**, 93:30-5, 1973.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4, 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Rev. Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p.2000-2008, 2005.
- BACCARI JR, F.; GONÇALVES, H.C.; MUNIZ, L.M.R. Milk production, serum concentrations of thyroxine and some physiological responses of Saanen-Native goats during thermal stress. **Rev. Vet. Zoot.**, 8:9-14, 1996.
- BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.24-67, 1998.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa: Editora da UFV.1997. 246p
- 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 – Columbia, 1985. 218p. (Ph.D. Thesis).
- BAÊTA, F. C.; MEADOR, N. F.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. In: Summer Meeting of American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 874015, St Joseph, MI, pp 1–21, 1987.
- BALL, P. J. H.; PETERS, A. R. **Reprodução em bovinos**. 3a ed. São Paulo: Editora Roca, v.1. 240p., 2006.
- BARROS, C. M.; FIGUEIREDO, R. A.; PINHEIRO, O.L. Estro, ovulação e dinâmica folicular em zebuínos. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v.19, p.9-22, 1995.

BARROS, P.C.; OLIVEIRA, V.; CHAMBÓ, E.D.; SOUZA, L.C. Aspectos práticos da termorregulação em suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.7, n.3, p. 1248-1253, 2010.

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

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

BARTH, A.D. Insights to the pathogenesis of sperm abnormalites in bulls. **Rev. Bras. Repr. Anim.**, 1(4):1-11, 1993.

BENNETT, B. W.; KERSCHEN, R. P.; NOCKELS, C. F. Stress-induced hematological changes in feedlot cattle. **Agri-practiciel-Hematology**, 10 (1): 16-28, 1989.

BERRY, D. P.; EVANS, R. D.; PARLAND, S. M. C. Evaluation of bull fertility in dairy and beef cattle using cow field data. **Theriogenology**, 75: 172–181, 2011.

BERTIPAGLIA, E. C. A. Efeitos das características do pelame e da taxa de sudação sobre parâmetros reprodutivos em vacas da raça Braford. 2007. 163f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária – Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Câmpus de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal – São Paulo – Brasil, fevereiro de 2007.

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

BLANCHARD, T. L.; VARNER, D. D.; BRETZLAFF, K. N.; ELMORE, R. G. The causes and pathologic changes of testicular degeneration in large animals. **Vet. Med.**, 86:531-6, 1992.

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

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; FISHER DA SILVA, A.V. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Revista Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.

BREAZILE, J. E. The physiology of stress and its relationship to mechanism of disease and therapeutics. In: Howard, J. L. **Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice**. Philadelphia: W. S. Sanders Company, 4 (3): 441-480, 1988.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceitos e questões relacionadas – Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v.9, n.2, p.1-14, 2004.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v.142, p.524- 526, 1986.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

BURNS, B. M.; FORDYCE, G.; HOLROYD, R.G. A review of factors that impact on the capacity of beef cattle females to conceive, maintain a pregnancy and wean a calf—implications for reproductive efficiency in northern Australia. **Anim Reprod Sci**, 122:1–22, 2010. doi:10. 1016/j.anireprosci.2010.04.010

CARVALHO, F. A.; LAMMOGLIA, M. A.; SIMÕES, M. J.; RANDEL, R. D. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, 73, 3570-3573, 1995.

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

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

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

COLLIER, R. J.; BEEDE, D. K.; THATCHER, W. W.; ISRAEL, L. A.; WILCOX, C. J. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.2213-2227, 1982.

COLUMBIANO, V.S. **Identificação de QLT nos cromossomos 10, 11 e 12 associados ao estresse calórico em bovinos**. 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento Animal). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2007.

COSTA E SILVA, E. V. Estresse e Manejo reprodutivo de bovinos de corte: problemas e soluções. IV Simpósio de produção de gado de corte, 2004, Viçosa. IV Simcorte. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 459-484, 2004.

CRICHTON, J. S.; LISHMAN, A. W. Factors influencing sexual behaviour of young *Bos indicus* bulls under pen and pasture mating conditions. **Appl Anim Behav Sci**, 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** - ISSN: 1679-7353, Garça, Ano IX, número 16, periódicos semestrais, janeiro de 2011.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 528 p., 1999.

DAVEMPORT, R. L.; STONAKER, H. H.; RIDDLE, K.; SUTHERLAND, T. M. Heritability of reproductive performance in inbred and linecross beef cows. **J. Anim. Sci.**, 36(6):1032-40, 1973.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. **Theriogenology**, 60:1139– 1151, 2003. doi:10.1016/S0093-691X(03)00126-2

DUPREEZ, J. H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, 67, 263-271, 2000.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, vol. 58, n.5, 2006.

FERREIRA, L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. Florianópolis, 89. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

FOOTE, W. C.; RIERA, G. S.; SIMPLICIO, A. A. The effects of tropical environment on reproduction efficiency in ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1. Fortaleza. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-DIE, 1990. p. 62-86, 1986.

FURTADO, D. A.; MOTA, J. K. M.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R.; TOTA, L. C. A. Produção de ovos de matrizes pesadas criadas sob estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.748-753, 2011.

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

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

GIANNONI, M. A.; GIANNONI, M. L. **Genética e Melhoramento de Rebanhos nos Trópicos**. Editora Nobel, São Paulo, 463p, 1987.

GLASER, F. D. Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão. Pirassununga, 2008. 117 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2008.

GONCALVES, P. B. D.; FIGUEIREDO, J. R.; FREITAS, V. J. F. **Biotécnicas Aplicadas à Reprodução Animal**. 2ª. ed. São Paulo: Editora Roca, v.1.408 p., 2008.

GREEP, P. O. The male reproductive system. In: Greep RO, Koblinsky MA, Jaffe FS (Ed.). **Reproduction and human welfare**. Cambridge: MIT Press, p.165-277, 1976.

GUIMARÃES, C. M. C.; FALCO, J. E.; TITTO, V. A. L. Termorregulação em Bubalinos submetidos a duas temperaturas do ar e duas proporções de volumoso:concentrado. **Ciências Agrotécnicas**, v.25, n.4, p.991-998, 2001.

HABEEB, A. A.; MARAI, I. F. M.; KAMAL, T. H. Heat stress. *In*: Philips, C., Piggens, D. (Eds.), **Farm Animals and the Environment**. C.A.B. International, p.27–47, 1992.

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

HANSEN, P. J.; EALY, A. D. Effects of heat stress on the establishment and maintenance of pregnancy in cattle. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, v.1, p.108-119, 1991.

HORST E. K; HANS. G. L. Anatomia dos animais domésticos. Texto e atlas colorido - 4ª edição, Editora Artmed, 2011.

HOTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. **Revista de Etologia**, São Paulo, v. 6, n.1, jun. 2004.

IGONO, M. O.; STEEVENS, B. J.; SHANKLIN, M. D.; JOHSON, H. D. Spray cooling effects on milk production, milk and rectal temperature of cows during a moderate temperature summer season. **Journal of Dairy Science**, Wisconsin, v.68, p.979-985. 1985.

INGRAHAM, R. H.; STANLEY, R. W.; WAGNER, W. C. Seasonal effects on shade and nonshade cows as measure by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone and milk production. **Am. J. Vet. Res.**, v.40, p.1792-1797, 1979.

JOHNSON, L.; VARNER, D. D.; ROBERTS, M. E.; SMITH, T. L.; KEILLOR, G. E.; SCRUTCHFIELD, W. L. Efficiency of spermatogenesis: a comparative approach. **Anim Reprod Sci**, v.60/61, p.471-480, 2000.

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**, v. 22, p. 432-436, 1963.

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

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, p.59-91, 2002.

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

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. P. Thermoregulation of the testes. *In*: R.M. Hopper, editor, Bovine Reproduction. Wiley-Blackwell, Hoboken. In press. 2010.

KATAYAMA, K. A.; MACEDO, G. G.; TSEIMAZIDES, S. P.; MORETTI, P. R.; REZENDE, C. R. L.; ZUCCARI, C. E. S. N.; COSTA E SILVA, E. V. C. E. Manejo de receptoras bovinas em programa de transferência de embriões e taxa de gestação - resultados preliminares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2004.

KUMI-DIAKA, J.; NAGARATNAM, V.; RWUAAN, J. S. Seasonla and age-related changes in sêmen quality and testicular morphology of bulls in a tropical environment. *The Veterinary Record*, v. 108, n.3, p. 13-15, 1981.

LIMA-VERDE, I. B.; ROSSETTO, R.; FIGUEIREDO, J. R. Influência dos hormônios esteroides na foliculogênese. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, Belo Horizonte, v.35, n.4, p.472-482, 2011.

LISTA, F. N.; CHIQUIERI, J.; NERY, V. L. H. Criação de bovinos nos trópicos. *A Lavoura*, 108, 654, p.16-17, 2005.

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

MARTIN, I.; GIOSO, M. M.; TAVARES, R. Z.; BITTENCOURT, R. F.; MIRANDA, L. B.; WECHSLER, F. S.; OBA, E.; FERREIRA, J. C. P. Características ultrasonográficas do útero de vacas Nelore (*Bos taurus indicus*) ao longo do ciclo estral. *Veterinária e Zootecnia*, Botucatu, v.15, n.2, ago., p. 349-359, 2008.

MEDEIROS, L. F. D; VIEIRA, D. H. Apostila de Bioclimatologia Animal. Net, 1997. Disponível em:

<http://www.iz.ufrj.br/zootecnia_draa/Biblioteca/Fernando/Apostila%20de%20Bioclimatologia%20I.pdf>. Acesso em: 02 de maio de 2016.

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

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

MELLOR, D. J.; PATTERSON-KANE, E.; STAFFORD, K. **The science of animal welfare**. Oxford, UK: UFAW, 2009. 212 p.

MENEGASSI, S. R. O.; BARCELLOS, J. O. J.; PERIPOLLI, V.; PEREIRA, P. R. R. X.; BORGES, J. B. S.; LAMPERT, V. N. Measurement of scrotal circumference in beef bulls in Rio Grande do Sul. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 63:87-93, 2011. doi:10.1590/S0102-09352011000100014.

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, 2015a. doi: 10.1007/s00484-014-0847-z.

- MENEGASSI, S. R. O.; PEREIRA, G. R.; LOPES, F. G.; ROCHA, M. K. Exame Andrológico. *In*: MENEGASSI, Silvio Renato Oliveira; BARCELLOS, Júlio Otávio Jardim. **Aspectos Reprodutivos do Touro: Teoria e Prática**. Guaíba: Agrolivros, 2015b. cap.4, p.45-105
- 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**, 2016a. DOI 10.1007/s00484-015-1013-y.
- 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**, 2016b. DOI 10.1007/s00484-016-1167-2
- MEYER, U.; STAHL, W.; FLACHOWSKY, G. Invertigations on the water intake of growing bulls. **Livestock Production Science**, 103, 186-191, 2006.
- 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.
- MOBERG, G.P. Biological response to stress: key to assessment of animal well-being? *In*: MOBERG, G.P. **Animal stress**. Bethesda: American Physiological Society, p.27-49., 1985.
- MOTA, L. S. Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. 1997. 69f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 1997.
- MULLER, C. J. C.; BOTHA, J. A.; SMITH, W. A. Production, physiological and behavioral responses of lactating Friesian cows to a shade structure in a temperate climate. *IN*: BUCKLIN, R.A. (Ed.). **INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE**, 3.,1994, St. Joseph, MI. Proceeding... St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1994. p.597-588.
- NÄÄS, I. A.; SILVA, I. J. O. Técnicas modernas para melhorar a produtividade dos suínos através do controle ambiental. *In*: BALBUENA et al. (Eds.) **Ingenieria Rural y Mecanización en el Ambito Latinoamericano**. La Plata: Editorial de la UNLP, p.464-72., 1998.
- NICHI, M.; BOLS, P. E. J.; ZÜCHE, R. M.; BARNABE, V. H.; GOOVAERTS, I. G. F.; BARNABE, R. C.; CORTADA, C. M. N. Seasonal variation in semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* bulls raised under tropical conditions. **Theriogenology**, 66:822–828, 2006.
- OLIVEIRA, M. Fisiologia da reprodução bovina e métodos de controle do ciclo estral. 2006. 28 f. Tese (Especialização em Reprodução e Produção de Bovinos) - UNIVERSIDADE CASTELO BRANCO, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVIER, J. J. Breeding plans for Dorper sheep and Boer goats in South Africa. In: I Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte. João Pessoa-PB, Anais. EMEPA-PB, João Pessoa-PB, p.213-230, 2000.

PANSANI, M. A.; BELTRAN, M. P. Garça, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/veterinaria/revisao/pdf/AnoVII-Edic12-Rev04.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2016.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de Etologia**, 18, p.26-42, 2000.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite, EMBRAPA, Juiz de Fora, MG, p. 1-6. (**Comunicado técnico, 42**), 2004.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Conforto Animal para maior produção de leite**. Viçosa: CPT - Centro de Produções Técnicas, 2008. p.252

PIRES, M. F. A. Reflexos do estresse térmico no comportamento de vacas em lactação. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, 1. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 68-102, 1998.

RANDALL, M. The Physiology of Stress: Cortisol and the Hypothalamic- pituitary-Adrenal Axis. DUJS Online - **The Dartmouth Undergraduate Journal of Science**. Fall, 2010.

RIBEIRO, A. M. L. Estudo de estratégias nutricionais aplicadas a frangos de corte submetidos a estresse pelo calor. 1996. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

ROBINSON, E. N. Termorregulação. In: CUNNINGHAM, J.G. Tratado de fisiologia veterinária. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap.51, 427-435, 1999.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; IRIAS, L. J. M.; LIGO, M. A. V. Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa II: avaliação da formulação de projetos: versão I. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.28, 2000.

RUSSELL, L. D.; ETTLIN, R. A.; HIKIM, A. P. S.; CLEGG, E. D. Histological and histopathological evaluation of the testis. Clearwater: Cache River Press, 1990. 284p.

SANTOS, M. D.; TORRES, C. A. A.; GUIMARÃES, J. D.; RUAS, J. R. M.; CARVALHO, G. R. Libido de Touros Nelore: Efeito da Proporção Touro:Vaca sobre a Taxa de Gestação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.55. n.3. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2003.

SELYE, H. Stress and diseases. **Science**, v122, p.625-631, 1955.

SELYE, H. Stress aerospace medicine. **Aeros. Med.**, v.44: p.1 -193, 1973.

SETCHELL, B. P.; VOGLMAYR, J. K.; HINKS, N. T. The effect of local heating on the flow and composition of rete testis fluid in the conscious ram. **J. Reprod. Fertil.** 24:81-89, 1971.

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

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., Belo Horizonte, 1987. **Resumos**. Belo Horizonte, Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1987.

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUSA, O. B.; SILVA, G. A.; FREITAS, M. M. S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 142-148, abr.-jun. 2010.

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

SIROHI, S.; MICHAELAWA, A. Sufferer and cause: Indian livestock and climate change. **Climatic Change**, v.100, p.120-134, 2007.

SKINNER, J. D.; LOUW, G. N. Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **J. Appl. Physiol.** 1:1784–1790, 1966.

SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N.; MARINHO, M. L.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, A. P. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no Semiárido paraibano. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v.31, n.3, p.883-888, maio/jun., 2007.

SOUZA, C. E.; MOURA, A. A. Binding patterns of bovine seminal plasma proteins A1/A2, 30 kDa and osteopontin on ejaculated sperm before and after incubation with isthmic and ampullary oviductal fluid. **Anim Reprod Sci**, 105(1-2): 72-89, 2008.

STÖBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral. In: Dirksen G, Gründer HD, Stöber M. Exame clínico dos bovinos. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. cap.2, 44-80, 1993.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, 86, 52-77, 2003.

THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Effect of heat on animal productivity. Florida: Press Boca Raton. p.77-98, 1981.

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

TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F.; TITTO, C. G.; TITTO, R. M.; LEME, T. M. C. Ambiência na bovinocultura. Semana de Zootecnia, 20, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: LABEF/FZEA/USP, 2006.

TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F.; PASSINI, R.; BALIEIRO NETO, G.; FAGUNDES, A. C. A.; LIMA, C. G.; GUIMARÃES, C. M. C.; ABLAS, D. S. Estudo da tolerância ao calor

em tourinhos das raças Marchigiana, Nelore e Simental. CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 9, **Anais...**, APEZ, Porto - Portugal, 1999, p.142.

TITTO, E. A. L.; VELLOSO, L.; ZANETTI, M. A.; CRESTA, A.; TOLEDO, L. R. A.; MARTINS, J. H. Heat tolerance test in Zebu/Nelore and Marchigiana young bulls. In: INTERNATIONAL ITALIAN BEEF CATTLE CONTEST, Perugia-Itália, 1994.

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

URIBE-VELASQUEZ, L. F.; OBA, E.; BRASIL, L. H. A. Concentrações plasmáticas de cortisol, hormônios tireoidianos, metabólitos lipídicos e temperatura de cabras Pardo-Alpinas submetidas ao estresse térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 27, 6, 1123-1130, 1998.

URIBE-VELASQUEZ, L. F.; OBA, E.; BRASIL, L. H. A.; SOUZA, F. N.; WECHSLER, F. S. Efeito do estresse térmico nas concentrações plasmáticas de progesterona (P4) e estradiol 17-b (E2) e temperatura retal em cabras da raça Pardo Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30, 2, 388-393, 2001.

VALE FILHO, V. R.; MEGALE, F.; ABREU, J. J.; PINTO, P. A.; FONSECA, J. Distúrbio da reprodução em touros Nelore, Gir, Guzará, Indubrasil, comparativamente com touros das raças Holandês, Charolês e Chianina criados nas mesmas condições. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL. Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1981.

VALLE, E. R. O ciclo estral de bovinos e métodos de controle. Campo Grande: EMBRAPA – CNPGC, EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 48, 1991. 24p.

VAN LAER, E.; MOONS, C. P. H.; SONCK, B. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. **Livestock Science**, v. 159, p. 87–101, 2014.

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.

VIANNA, F. P. Influência do Estresse Térmico na Atividade Reprodutiva de Fêmeas Bovinas. 2002. 17f. (Monografia apresentada à Disciplina de Seminários I) - Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, 2002.

VIANA, J. H. M.; FERREIRA, A. M.; SÁ, W. F.; CAMARGO, L. S. A.; Follicular dynamics in zebu cattle. **Pesq Agrop Bras**, v.35, p.2501-2509, 2000.

VOGLER, C. J.; SAACKKE, R. G.; BAME, J. H.; DEJARNETTE, J. M.; MCGILLIARD, M. L. Effects of scrotal insulation on viability characteristics of cryopreserved bovine semen. **Journal of Dairy Science**, 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**. 1ed., Londres: Churchill Livingstone, 4ed. v.2, 1990. p. 1-105.

ZULKIFLI, I.; SIEGEL, H. S.; MASHALY, M. M.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B.
Inhibition of adrenal steroidogenesis, neonatal feed restriction and pituitary-adrenal axis
response to subsequent fasting in chickens. **Gen. Comp. Endocrinol.** 97:49-56, 1995.