

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

MARIA GORETE FLORES SALLES

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E REPRODUTIVOS
DE MACHOS CAPRINOS SAANEN CRIADOS
EM CLIMA TROPICAL**

**FORTALEZA – CEARÁ
2010**

MARIA GORETE FLORES SALLES

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E REPRODUTIVOS DE
MACHOS CAPRINOS SAANEN CRIADOS EM CLIMA TROPICAL

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Reprodução e Sanidade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo.

FORTALEZA – CEARÁ
2010

- S168c Salles, Maria Gorete Flores
 Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos caprinos Saanen criados em clima tropical. — Fortaleza, 2010.
 168 p.; il.
 Orientador: Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo.
 Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias) – Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária.
 1. Bodes Saanen. 2. Clima tropical. 3. Parâmetros fisiológicos. 4. Parâmetros hormonais. 5. Parâmetros reprodutivos I. Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária.

CDD: 636.089

MARIA GORETE FLORES SALLES

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E REPRODUTIVOS DE MACHOS CAPRINOS
SAANEN CRIADOS EM CLIMA TROPICAL

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências Veterinárias.

Aprovada em: 21/07/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo
Universidade Estadual do Ceará
Orientador

Prof. PhD. José Ferreira Nunes
Universidade Estadual do Ceará
Examinador

Profa. Dra. Carla Renata Figueiredo Gadelha
Universidade Federal do Ceará
Examinadora

Dra. Ângela Maria Xavier Eloy
EMBRAPA Caprinos – CNPC
Examinadora

Dr. Mauricio Fraga van Tilburg
Pós-Doutorando do PPGZ-UFC
Examinador

Ao meu amado filho Inti, *DEDICO*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Lar Antonio de Pádua (LAP) pelos animais, instalações e material utilizados no experimento, mas principalmente, pelos funcionários e suas vibrações harmoniosas na execução das tarefas.

À Universidade Estadual do Ceará (UECE), Faculdade de Veterinária (FAVET), Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV) pela oportunidade de realizar o doutorado e poder servir melhor a sociedade, como um todo.

À Universidade de Fortaleza (UNIFOR), representada pelo NAMI (Núcleo de Atenção Médico Integrada), em especial ao responsável técnico, o Farmacêutico-Bioquímico Dr. Nilton César Weyne da Cunha pela realização das dosagens hormonais da testosterona, T₃, T₄ e do cortisol, com tanta disponibilidade e atenção.

Ao meu orientador Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo, meus agradecimentos sublimes por tudo, pela orientação, pelos ensinamentos técnico-científicos, mas principalmente, pela oportunidade de conviver com o ser humano Dr. Airton, da sua humildade e de seu amor ao próximo e, formamos uma parceria, que sonha em realizar projetos para a formação profissional e a integração social de muitos jovens nordestinos.

A minha amada e querida tia Anália, Dona Anália Bueno de Melo, a presidente do Lar Antonio de Pádua, por tudo, pela oportunidade de aprendizado na vida profissional, social e espiritual. Agradecimento especial ao trabalho filantrópico, dedicado à educação de crianças e jovens, fundada em concepções pedagógicas, que busca a inclusão social e a construção da cidadania. Parabéns pelo trabalho e, que Deus lhe conceda muita saúde.

Ao meu co-orientador Professor PhD. Arlindo Alencar Araripe Moura, coordenador do PPGZ-UFC (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Ceará), sempre disponível nos momentos que foram necessárias instruções, principalmente nos aspectos hormonais do experimento.

Ao Prof. Dr. Davide Rondina responsável pelo LANUPRUMI (Laboratório de Nutrição e Produção de Ruminantes) da Universidade Estadual do Ceará pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas, que forneceram uma visão nutricional para animais criados nos trópicos, também por sua espontaneidade italiana no trato pessoal, não esquecendo a indicação ao NAMI, para que as amostras plasmáticas pudessem ser analisadas.

Ao amigo e colega Graduando em Medicina Veterinária, da FAVET (Faculdade de Veterinária-UECE) Renato Diógenes por ter disponibilizado seu material para que as análises quantitativas do sêmen pudessem ser realizadas.

A amiga e colega doutoranda do PPGCV-UECE Priscila Teixeira de Souza pela ajuda prática no experimento e, nos momentos de estudo.

Ao amigo e doutorando do PPGZ-UFC David Ramos da Rocha, pelo que aprendi sobre bioclimatologia, pelos conselhos fraternos e ajuda no experimento, pela camaradagem espontânea e pela amizade.

Ao amigo zootecnista e doutorando do PPGZ-UFC Ítalo Araújo de Albuquerque pela alegre e tranquila companhia em dias de coleta de dados.

A amiga e mestranda do PPGZ-UFC Aline Bezerra Vitaliano, pela amizade e confiança.

Aos estagiários do curso de Zootecnia da UFC, Aderson Martins Viana Neto, Thiago Acyoli, Francisco Pereira e Wesley Dourado, pela ajuda na execução do projeto.

A laboratorista do NAMI, Helena Ripardo, por sua dedicação e carinho na execução das amostras hormonais.

A amiga e comadre zootecnista, Profa. Dra. Magda Regina Correa Rodrigues, pelo incentivo e exemplo de determinação nas horas difíceis.

Ao Dr. Antonio Mies Filho (*in memorian*) por fazer parte de minha formação profissional e me passar posturas éticas de um pesquisador.

Ao Dr. Umberto Suassuna (*in memorian*) por ter sido um conselheiro e incentivador.

Ao Dr. José Ferreira Nunes por ter estimulado meu amor aos caprinos e, com sua vibração otimista da vida, ter me ensinado a base da caprinocultura.

Aos funcionários do LAP, Nagerio, Aurélio, José Helio, José Carlos, meninos trabalhadores do aprisco, que sempre executaram suas tarefas com alegria e otimismo.

Aos professores do PPGCV, obrigada pelos ensinamentos teóricos e amizade de todos.

Aos funcionários da Coordenação do PPGCV, Adriana e Cristina pela simpatia e afeto no atendimento, ao Fred pelo bom papo e, ao César pelo chá de capim santo.

À minha amada mãe que despertou em mim o desejo do saber e sempre torceu, para que meus sonhos se tornassem realidade. A minha amada vovó Célia Pacheco Flores (*in memorian*) pelo amor e, a toda querida família que sempre compreendeu minha escolha e, a ausência na convivência com os sobrinhos nos pagos gaúchos, por amor aos caprinos, no Nordeste do Brasil.

Ao meu marido que sempre torceu pelo meu sucesso e, a toda sua família obrigada pela compreensão e apoio.

Ao artista plástico Zenon Barreto (*in memorian*), pela amizade e pela xilogravura do saco do leite de cabra pasteurizado do LAP.

À Deus pelas intuições recebidas e ajuda nos momentos frágeis, e aos amigos e colegas, pela compreensão e carinho.

O prazer no trabalho aperfeiçoa a obra.

Aristóteles

RESUMO

O estudo objetivou avaliar a influência de fatores climáticos sobre os parâmetros fisiológicos, reprodutivos e endócrinos de bodes Saanen criados em clima tropical em diferentes períodos do ano. Os períodos do ano foram classificados de acordo com a pluviosidade em: chuvoso, transição chuvoso-seco, seco e transição seco-chuvoso. Foram utilizados nove reprodutores, os quais tiveram seus dados fisiológicos de temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura superficial (TS) coletados três vezes por semana, pela manhã (9h) e à tarde (13h). Quinzenalmente foi coletado o sêmen dos bodes Saanen por vagina artificial para avaliar libido, volume do ejaculado, concentração, motilidade massal (MM), motilidade individual progressiva (MIP), porcentagem de espermatozoides móveis (PEM) e patologias espermáticas (PE). Também foi mensurada a circunferência escrotal (CE) e, as temperaturas superficiais dos testículos (TST), para verificar a existência de variações sazonais dos parâmetros reprodutivos. Quinzenalmente foi coletado o sangue dos reprodutores Saanen para verificar os níveis séricos de testosterona (T), triiodotironina (T3), tiroxina (T4) e cortisol (C), nos diferentes períodos do ano. Os dados foram expressos em média e erro padrão e avaliados por ANOVA, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com probabilidade de 5% de erro. Os resultados mostram que bodes Saanen estão susceptíveis ao estresse térmico em qualquer época do ano, sendo o período de transição seco-chuvoso o mais crítico. Independente da época do ano observou-se que no turno da tarde ocorre maior desconforto ambiental para os animais, pois a TR, FR, FC e TS estão mais elevadas. Os parâmetros climáticos também tiveram influência sobre os parâmetros reprodutivos, principalmente no período seco onde a temperatura ambiente (TA) mais elevada ($P<0,05$), diminui a qualidade seminal ($P<0,05$), uma vez que houve diminuição da PEM ($P<0,05$) e aumento das PE ($P<0,05$), no entanto, a CE, a TST e as concentrações séricas de T aumentaram ($P<0,05$). Os níveis de T3 diminuíram no período de transição seco-chuvoso ($P<0,05$) em relação aos outros períodos do ano, enquanto os níveis de T4 não variaram entre os períodos ($P>0,05$), já os níveis de cortisol variaram em todos os períodos ($P<0,05$), sendo seu valor máximo no período de transição seco-chuvoso. Conclui-se que, bodes Saanen sofrem situações de estresse térmico quando criados em clima tropical e há variações sazonais transitórias dos parâmetros reprodutivos, sendo o primeiro semestre o período mais favorável para a reprodução, e o período de transição seco-chuvoso o mais crítico para os animais, estando os resultados dos dados climáticos, em consonância com as respostas fisiológicas e os perfis hormonais.

Palavras-chave: Caprinos Saanen. Clima Tropical. Parâmetros Fisiológicos. Parâmetros Hormonais. Parâmetros Reprodutivos.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the influence of climatic factors on the physiological, reproductive and endocrine parameters of Saanen he-goats raised in tropical climate in different seasons. The periods of the year were classified according to rainfall: rainy, rainy-dry transition, dry, dry-rainy transition. A total of nine males, three times a week in the morning (9:00) and late (13:00) had collected is their physiological data of rectal temperature (RT), respiratory rate (RR), heart rate (HR) and surface temperature (ST). Every two weeks, an evaluation of the climatic factors on reproductive parameters, for both, the semen was collected from Saanen he-goats by artificial vagina to assess libido, ejaculate volume, concentration, mass motility, individual progressive motility, percentage of motile sperm (PEM) and sperm pathologies (PE). It was measured scrotal circumference (SC) and the surface temperatures of the testes (TST), to verify the existence of seasonal variations. Fortnightly blood was collected to check the breeding Saanen serum testosterone (T), triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol (C) at different periods of the year. Data were expressed as mean and standard error and analyzed by ANOVA and the averages compared by Tukey test with 5% probability of error. The results show that Saanen goats are susceptible to heat stress at any time of year and the transition/dry rainy season, the most critical. Regardless of season, in the afternoon shift is when there is greater environmental discomfort to the animals. The climatic parameters also had an influence on reproduction, especially in the dry season where the highest TA decreases sperm quality ($P<0.05$), since there was a decrease of PEM ($P<0.05$) and increased the PE ($P<0.05$), however, the EC, the TST and serum concentrations T increased ($P<0.05$). The level of T3 decreased in the period of transition dry-wet season ($P<0.05$) compared to other periods of the year, while T4 levels did not vary between the periods ($P>0.05$). The cortisol levels varied in all periods ($P<0.05$) with its peak during the dry-wet transition. It was concluded that, Saanen he-goats suffer from heat stress situations when raised in tropical climate with seasonal variations of reproductive transitional parameters. The first half of the year is the most favorable period for reproduction and the period of transition dry-wet the most critical for animals. The results of climate data are in consonance with the physiological parameters and hormonal profiles.

Keywords: Saanen caprine. Tropical climate. Physiological parameters. Hormonal parameters. Reproductive parameters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tabela do ITU para verificar o conforto térmico	24
Figura 2 – Representação esquemática da zona de termoneutralidade	27
Figura 3 – Padrão de comportamento sexual do bode	42
Figura 4 – Regulação da testosterona eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal	53
Figura 5 – Biossíntese da testosterona a partir do colesterol nas células de Leydig	54
Figura 6 – Produção e estocagem de hormônios da tireóide	60
Figura 7 – Biossíntese do cortisol	67

CAPÍTULO 3

Figura 1 – Valores médios e máximos da TA nos diferentes períodos do ano	112
Figura 2 – Valores médios e máximos da UR nos diferentes períodos do ano	112
Figura 3 – Valores médios e máximos do ITU em diferentes períodos do ano	113
Figura 4 – Temperatura retal de bodes saanen em diferentes períodos do ano	114
Figura 5 – Frequência respiratória de bodes Saanen em diferentes períodos do ano	115
Figura 6 – Níveis plasmáticos de T3 em diferentes períodos do ano	116
Figura 7 – Níveis plasmáticos de T4 em diferentes períodos do ano	117
Figura 8 – Níveis plasmáticos de cortisol em diferentes períodos do ano	119

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Médias máximas e mínimas de temperatura ambiente, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade, durante coleta de dados fisiológicos de reprodutores Saanen em diferentes períodos do ano no clima tropical 78

Tabela 2 – Dados fisiológicos de bodes da raça Saanen criados no clima tropical, em diferentes períodos do ano 81

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Médias, máximas, mínimas e erro padrão da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, do índice de temperatura e umidade e da precipitação pluviométrica, durante coleta dos dados reprodutivos de bodes Saanen em diferentes períodos do ano no clima tropical do Ceará, Brasil 95

Tabela 2 – Médias aritméticas e erro padrão das características seminais em diferentes períodos do ano, de reprodutores Saanen criados em clima tropical no estado do Ceará, Brasil 97

Tabela 3 – Médias e erro padrão da libido, circunferência escrotal, temperatura superficial dos testículos esquerdo e direito e testosteronemia de reprodutores Saanen em diferentes períodos do ano, criados no clima tropical 102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	(<i>Androgen Binding Protein</i>) - proteína ligante do andrógeno
ACTH	Hormônio Adrenocorticotrófico
AMPc	Adenosina Monofosfato cíclico
CE	Circunferência Escrotal
CRH	Hormônio liberador de Corticotrofina
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
FSH	Hormônio Folículo Estimulante
GnRH	Hormônio liberador de Gonadotrofinas
HDL	(<i>High Density Lipoprotein</i>) – lipoproteína de alta densidade
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
LDL	(<i>Low Density Lipoprotein</i>) – lipoproteína de baixa densidade
LH	Hormônio Luteinizante
ng/ml	nanogramas por ml
PE	Patologias Espermáticas
PEM	Porcentagem de espermatozóides móveis
SSC	(<i>Side Chain Cleavage</i>) – enzima esteroidogênica
StAR	(<i>Steroidogenic Acute Regulatory Protein</i>)- proteína reguladora aguda da esteroidogênese
T	Testosterona
TA	Temperatura Ambiente
TR	Temperatura Retal
TRH	Hormônio liberador de Tireotropina
TS	Temperatura Superficial
TSH	Hormônio Estimulante da Tireóide tireoestimulante
TST	Temperatura Superficial dos Testículos
TSTE	Temperatura Superficial do Testículo Esquerdo
TSTD	Temperatura Superficial do Testículo Direito
T3	Triiodotironina
T4	Tiroxina ou tetraiodotironina
UR	Umidade Relativa do ar

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE SIGLAS	13
1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 RAÇA SAANEN	18
2.2 PARÂMETROS AMBIENTAIS	18
2.2.1 Efeitos ambientais sobre os seres vivos	19
2.2.2 Efeito da temperatura ambiente	21
2.2.3 Efeito da umidade relativa do ar	22
2.2.4 Efeito do ITU	23
2.2.5 Efeito da pluviosidade	26
2.2.6 Zona de conforto térmico	27
2.2.7 Estresse térmico	29
2.3 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS	30
2.3.1 Temperatura retal	31
2.3.2 Frequência respiratória	32
2.3.3 Frequência cardíaca	34
2.3.4 Temperatura superficial	35
2.3.5 Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos	37
2.3.6 Temperatura superficial dos testículos	38
2.4 PARAMETROS REPRODUTIVOS	39
2.4.1 Características seminais	40
2.4.2 Características de libido	42
2.4.3 Características da circunferência escrotal	44
2.4.4 Efeito do estresse térmico na reprodução de machos caprinos	47
2.4.5 Influência do clima tropical na termorregulação testicular	49
2.5 PARAMETROS HORMONAIS	52
2.5.1 Testosterona	52
2.5.1.1 <i>Regulação da secreção de testosterona</i>	53
2.5.1.2 <i>Biossíntese da secreção da testosterona</i>	55

2.5.1.3 <i>Influência do estresse térmico sobre os níveis de testosterona</i>	56
2.5.2 Hormônios da tireóide	57
2.5.2.1 <i>Efeito dos hormônios da tireóide sobre os animais</i>	57
2.5.2.2 <i>Fatores reguladores da secreção de T3 e T4</i>	59
2.5.2.3 <i>Síntese e secreção do T3 e T4</i>	60
2.5.2.4 <i>Transporte do T3 e do T4</i>	62
2.5.2.5 <i>Efeito do estresse térmico sobre os níveis de T3</i>	63
2.5.2.6 <i>Efeito do estresse térmico sobre os níveis de T4</i>	64
2.5.3 Cortisol	65
2.5.3.1 <i>Efeitos do cortisol sobre os animais</i>	65
2.5.3.2 <i>Regulação da secreção do cortisol</i>	66
2.5.3.3 <i>Biossíntese da secreção do cortisol</i>	69
2.5.3.4 <i>Transporte do cortisol</i>	71
2.5.3.5 <i>Efeitos metabólicos do cortisol</i>	72
2.5.3.6 <i>Influência do estresse térmico sobre os níveis de cortisol</i>	73
3 JUSTIFICATIVA	75
4 HIPÓTESE CIENTÍFICA	76
5 OBJETIVOS	77
5.1 Objetivo Geral	77
5.2 Objetivos Específicos	77
6 CAPÍTULO 1	78
7 CAPÍTULO 2	94
8 CAPÍTULO 3	112
9 CONCLUSÕES	129
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

1 INTRODUÇÃO

A criação de caprinos tem a preferência dos produtores de animais (MARTINS, 2008), pelas características favoráveis sobre outros animais domésticos, incluindo a melhor tolerância e desempenho sob ambientes agressivos, especialmente nas regiões semi-áridas (BATTACHARYA, 1980; KABABYA et al., 1998; SILANIKOVE, 2000). Mesmo sendo considerados mais tolerantes ao calor e menos susceptíveis ao estresse ambiental, em temperaturas críticas, os caprinos reduzem a sua eficiência bioenergética, prejudicando o resultado de sua produtividade (LU, 1989).

Para se obter sucesso em uma criação, devem ser escolhidas raças que sejam adaptadas às condições da região (MONTY JUNIOR et al., 1991). O conhecimento da tolerância e da capacidade das diversas raças como forma de suporte técnico a uma determinada exploração animal, faz-se necessário, bem como, o estudo da introdução de raças em uma nova região ou, o norteamento de um programa de cruzamento, buscando desenvolver genótipos mais adequados a uma condição mais específica de ambiente (SANTOS et al., 2005).

Cerca de dois terços do território brasileiro situa-se na faixa tropical do planeta, onde predominam as altas temperaturas do ar, consequência da elevada radiação solar incidente e, sendo a temperatura do ar o fator climático com maior influência sobre o ambiente físico do animal (BACCARI Jr., 2001), consequentemente, a produção animal nos trópicos é limitada, principalmente, pelo estresse térmico. As raças caprinas especializadas em produção de leite, que estão sendo criadas no Brasil são oriundas da Europa, onde as condições climáticas favorecem o equilíbrio térmico dos animais, pois o calor corporal pode ser mais facilmente dissipado em razão da temperatura ambiente ser inferior à temperatura interna do animal. Sendo o Brasil um país tropical, esses animais passam a enfrentar uma situação para a qual não se acham geneticamente preparados, provocando alterações nas reações fisiológicas termorreguladoras (BARBOSA et al., 1995). Conquanto que, os gens programam a informação do que o indivíduo pode chegar a ser, porém o meio ambiente determina o que o indivíduo chegará a ser e o homem tem capacidade para selecionar o que o convém. Assim sendo, no desenvolvimento produtivo de um animal há que se ter em conta três elementos: a herança, a seleção e o meio ambiente. O excesso de calor ou umidade, o exercício inadequado, má nutrição e, os agentes infecciosos impedem que a informação genética de um indivíduo se manifeste, tal como estava codificada em seus genes.

Sob condições de estresse térmico, os mecanismos fisiológicos de perda de calor são ativados para manter a homeotermia (ENCARNAÇÃO, 1999). A temperatura retal e a frequência respiratória são as melhores referências fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao calor (BIANCA; KUNZ, 1978). Valores de temperatura retal, próximos à temperatura normal da espécie, podem ser tomados como índice de adaptabilidade (HOPKINS et al., 1978). Animais que apresentam menor aumento na temperatura retal e menor frequência respiratória são considerados mais tolerantes ao calor (BACCARI Jr., 1986), mas a temperatura da pele deve refletir melhor a sensação de desconforto do animal (SANTOS et al., 2005). A tolerância à temperatura ambiente pode variar com o tempo e, é possível certo grau de adaptação, de forma que a exposição contínua a uma temperatura próxima ao limite dessa tolerância, amplie esse limite (SCHMIDT-NIELSEN, 1996).

A exploração de caprinos da raça Saanen, já tem algumas décadas no Brasil, tendo indivíduos de alta produtividade, principalmente, dos animais criados nas regiões de clima temperado. Nas regiões brasileiras de clima tropical, pouco se sabe sobre alguns dos seus atributos ligados à eficiência da termólise, essencial em uma região quente (OLIVEIRA, 2007). Tais características são relacionadas a fatores ambientais, em especial com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, intimamente ligadas ao comportamento reprodutivo dos animais. O clima da região Nordeste do Brasil é caracterizado por elevadas temperaturas durante todo o ano, as quais podem influenciar diretamente os mecanismos de termorregulação testicular e, conseqüentemente, as funções reprodutivas do macho (MOREIRA et al., 2001). As raças tropicais, geralmente são menos sensíveis às altas temperaturas, do que as raças originárias de zonas temperadas, entretanto, esses animais dos trópicos apresentam menor capacidade produtiva. (CHEMINEAU et al., 2004). Inferindo que, a maior evolução na criação de animais ocorreu nas zonas temperadas da Terra, ou seja, da latitude de 30° acima, norte e sul. Por isso, procurou-se melhorar os índices zootécnicos tropicais com a introdução de raças de clima temperado para serem criadas puras ou utilizadas em cruzamentos com os animais nativos. Assim, a interação entre animal e ambiente deve ser considerada quando se objetiva maior eficiência na exploração pecuária (NEIVA et al., 2004; SILVA et al., 2006; SOUZA et al., 2008), pois o conhecimento das variáveis climáticas e sua ação sobre as respostas comportamentais, fisiológicas, reprodutivas e hormonais são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade pecuária, com bem-estar aos animais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RAÇA SAANEN

A raça de caprinos Saanen é originária da Suíça, no vale do Saanen, nos cantões de Berna e Appenzell (JARDIM, 1964), onde as temperaturas médias anuais jamais ultrapassam 9,5°C. A raça tem, portanto, ajustes fisiológicos indicados para as regiões frias. Atualmente considerada cosmopolita, pois é a raça caprina leiteira mais criada no mundo (GONZALO; SÁNCHEZ, 2002).

Oficialmente o nome da raça Saanen foi adotado em 1927. Em 1890 foi exportada aos milhares principalmente para a Alemanha, França e Bélgica. Atualmente a Saanen está presente em todos os países que têm uma caprinocultura leiteira razoavelmente desenvolvida, sendo a raça predominante nos criatórios e, de maior média de produção de leite. A Saanen francesa originou-se do cruzamento de cabras locais com animais importados da Suíça, constitui o segundo rebanho francês em efetivo, mas o de maior produção e o que mais tem evoluído, do ponto de vista produtivo. A Saanen alemã, conhecida como Branca Alemã, também foi formada pelo cruzamento de cabras locais com animais importados da Suíça. A Saanen britânica foi formada a partir de importações feitas da Suíça para melhorar cabras locais, no início do século passado. A Saanen foi a primeira raça leiteira especializada introduzida na Austrália, pela importação de 2 bodes e 10 cabras da Suíça e da França em 1913. A Saanen israelita formou-se pelo cruzamento de cabras Mambrinas com animais importados da Suíça e da Holanda. A Saanen também é a raça mais produtiva nos Estados Unidos (<http://www.capritec.com.br/csa/Rebanho/Saanen/Reb-Saa.htm>).

No Brasil houve o cruzamento de cabras nativas e SPRD (Sem Padrão Racial Definido) com animais provenientes de várias importações feitas da Suíça, Alemanha, França, Inglaterra, Holanda, Estados Unidos, Canadá e Nova Zelândia, que foram importantes na formação do rebanho leiteiro, principalmente do Sudeste brasileiro, que hoje já tem um volume razoável de bons animais, tanto que o Brasil já tem feito algumas exportações de animais Saanen, principalmente para a Argentina e o Uruguai. No Nordeste brasileiro foi utilizada para o melhoramento genético dos caprinos locais, exercendo notável influência melhoradora sobre a duração da lactação e da produção leiteira. Entretanto, a Saanen é uma raça exigente e pouco rústica para as condições tropicais (JARDIM, 1964).

Morfológicamente é uma raça de biotipo leiteiro com animais de porte profundo aliado a uma estrutura óssea forte, que determina uma estatura grande, com as fêmeas pesando entre 60-90 kg e os machos entre 90-120 kg. Cabeça triangular, perfil côncavo e, orbitais salientes. Orelhas eretas, curtas e cônicas. Possui chifres Aegagrus forte nos machos. Pescoço largo e bem inserido mais robusto nos machos. O tronco é amplo profundo e musculoso. Peito arqueado, ventre bem proporcionado, linha dorso lombar ascendente para o terço posterior, garupa curta e caída. Extremidades finas de longitude média, bem aprumada, pernas finas e arqueadas. A pelagem é uniformemente branca com pelos curtos e finos, podendo ser mais longos na linha dorso lombar e nas coxas, sendo também, aceita a pelagem baia, bem como, a pigmentação de cor preta no focinho, orelhas, úbere, vulva, escroto, prepúcio e cascos (JARDIM, 1964). A raça Saanen apresenta boa prolificidade, bem adaptada ao sistema produtivo intensivo e às zonas frias (MENEZES, 2005).

2.2 PARÂMETROS AMBIENTAIS

O clima é o principal fator que atua interferindo sobre a vida dos animais, podendo ser favorável ou não a sua sobrevivência, portanto, a capacidade dos animais em se adaptar a um determinado ambiente depende de um conjunto de ajustes fisiológicos (SILVA et al., 2005).

O Brasil, pelas suas dimensões continentais, possui uma diversificação climática bem ampla, influenciada pela sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e a dinâmica das massas de ar sobre seu território. Esse último fator assume grande importância, pois atua diretamente sobre a temperatura ambiente e o índice pluviométrico nas diferentes regiões do país. Especificamente na região Nordeste do Brasil, o clima apresenta uma temperatura ambiente elevada, que ultrapassa os 35°C, aliada a uma radiação solar com patamares oscilando na ordem de 8 kwh/m².

Para Curtis (1983) o ambiente é o conjunto de todos os fatores que afetam direta ou indiretamente os animais, sendo a temperatura do ar considerada, o elemento climático com a influência mais importante, sobre o ambiente físico do animal (McDOWELL, 1974).

2.2.1 Efeitos ambientais sobre os seres vivos

Ambiente é o espaço constituído por um meio físico e, ao mesmo tempo, por um meio psicológico preparado para o exercício das atividades dos animais que nele vivem (PARANHOS da COSTA, 2000). O ambiente externo animal compreende todos os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com o animal, produzem reações no seu comportamento e definem, assim, o tipo de relação animal-ambiente (CURTIS, 1983).

O clima exerce efeito sobre o comportamento, o bem-estar animal e, consequentemente, sobre a produtividade, atuando como um fator regulador da exploração animal com finalidade zootécnica (ROCHA, 2008). Atua sobre os animais de duas formas: direta e indireta, por ação isolada ou pela interação dos elementos ou variáveis climáticas.

O efeito direto ocorre por ação da temperatura do ar, radiação solar e umidade do ar. Esta ação se relaciona principalmente com as funções orgânicas envolvidas na manutenção da temperatura normal do corpo. O efeito indireto dá-se através do solo e da vegetação. O conhecimento dos fatores ambientais que modificam o desempenho dos animais, bem como a escolha de genótipos adaptados às condições climáticas que lhes são impostas é um ponto que deve ser considerado em um sistema de exploração pecuária (MARQUES, 2001).

Os quatro principais elementos que atuam sobre a sensação térmica são: a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a radiação térmica, a velocidade do vento e o fotoperíodo. Entretanto índices de conforto térmico têm sido mais utilizados, ultimamente, para avaliar o impacto ambiental sobre os animais, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a habilidade do animal em dissipar calor (WEST, 1999). O animal porta-se como um sistema termodinâmico, que continuamente troca energia com o ambiente. Neste processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, havendo, então, necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor (BAÊTA; SOUZA, 1997).

Atualmente dois aspectos importantes estão em discussão a nível mundial: o aquecimento global, que como consequência está provocando mudanças acentuadas no clima das diferentes regiões do planeta, assim exigindo, um melhor conhecimento das espécies e das raças, que apresentem potencial genético com maior capacidade de adaptabilidade, sendo capazes de sobreviver, produzir e reproduzir-se em condições adversas, principalmente nos

ambientes tropicais e intertropicais; o outro, diz respeito ao bem estar-animal (SOUZA, 2007).

Sendo o clima um dos principais fatores que afetam a produção animal é estratégico o seu conhecimento para o projeto de instalações e para o manejo dos animais (OLIVEIRA et al., 2006), já que o rendimento de um rebanho é resultante da capacidade genética dos animais e, do ambiente mais ou menos favorável à expressão da mesma. Desse modo, torna-se importante averiguar, na introdução de determinada raça em determinada região, se o tipo de clima que lhe é oferecido apresenta alguma semelhança com o de sua origem. Caso os contrastes sejam muito acentuados, a atividade, se em caráter extensivo, poderá resultar em fracasso produtivo e consequentemente econômico (NASCIMENTO et al., 1975).

Assim, o conhecimento da interação genótipo-ambiente permite mensurar com maior exatidão, a influência que o meio ambiente exerce sobre a produção agropecuária e, consequentemente, criar mecanismos de ação para aumentar a produtividade.

2.2.2 Efeito da temperatura ambiente (TA)

O impacto da temperatura ambiente nas funções dos animais é um tema abordado desde a Antiguidade por Hipócrates no século V a.C que relatou serem os bovinos criados no Oriente Próximo mais férteis e prolíferos do que o gado europeu, em consequência do clima ameno (HANSEN; ARÉCHIGA. 1999). Nos tempos atuais, os primeiros relatos de queda da fertilidade no verão, com elevada temperatura ambiente, datam de mais de 50 anos (VIANNA, 2002). De acordo com Lee et al. (1974), a temperatura ambiente representa a principal influência climatológica sobre as variáveis fisiológicas, temperatura retal e frequência respiratória.

A temperatura do ar é o elemento climático que mais impõe desconforto térmico aos animais (McDOWELL, 1974). Em elevados níveis de TA, a evaporação torna-se a principal via para a dissipação de energia térmica dos animais (FINCH, 1985; GEBREMEDHIN et al., 1981), a qual ocorre na superfície da epiderme, pela sudação (McLEAN, 1963; TANEJA, 1958, 1959; SILVA; STALING, 2003), e no trato respiratório (SILVA et al., 2002; MAIA et al., 2005). Por outro lado, sob essas condições, a condução, a convecção e a radiação podem eventualmente tornar-se mecanismos de ganho de energia térmica, pois dependem diretamente da TA (McLEAN, 1963; GEBREMEDHIN et al., 2001).

Portanto, em ambientes quentes, onde a temperatura ambiente tende a ser próxima ou maior do que a temperatura corporal, os mecanismos sensíveis de perda de calor: condução, convecção e radiação tornam-se ineficazes, entrando em ação os mecanismos de evaporação, respiração e sudorese, para que ocorra a regulação térmica (SOUZA et al, 2008). Além disso, para os animais que são criados a campo, a radiação solar pode afetar mais do que os criados em confinamento, pois 50% da radiação solar são barradas pelo telhado (McDOWELL, 1974). No ambiente interno de apriscos é de fundamental importância que se dê prioridade aos aspectos construtivos, que mais afetam a temperatura ambiente, seguido por aquelas responsáveis pela elevação da umidade relativa do ar e, as que serão capazes de promover uma excelente movimentação dos ventos, pelas partes internas das instalações. Assim, a orientação sobre os sistemas de produção de caprinos deve considerar as variações climáticas desta região, já que o Nordeste brasileiro está situado na faixa tropical do planeta, definida como uma região semi-árida quente, predominando as altas temperaturas do ar, consequência da elevada radiação solar incidente (SOUZA et al., 2005).

A temperatura ambiente condiciona a maioria dos animais quando importados para as zonas tropicais ou subtropicais e, as respostas do animal ao ambiente quente são relacionadas de várias formas e, evidentemente, envolvem os efeitos diretos da temperatura alterando a regulação do sistema nervoso, o balanço hídrico, o nível hormonal, o balanço nutricional e o equilíbrio bioquímico (URIBE-VELÁSQUEZ et al., 2001).

2.2.3 Efeito da umidade relativa do ar (UR)

Entende-se por umidade, o conteúdo de água em uma substância ou material. No caso da umidade do ar, a água está misturada com o mesmo, de forma homogênea no estado gasoso. A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). O vapor de água sobe para a atmosfera e se acumula em forma de nuvens, mas uma parte passa a compor o ar que circula na atmosfera. Porém, o ar, assim como qualquer outra substância, possui um limite até o qual ele absorve a água (ponto de saturação).

A umidade relativa do ar influencia no conforto térmico, pois interfere diretamente em três mecanismos de perda de água do organismo, por difusão de vapor d'água através da pele (transpiração), por evaporação do suor da pele e pela umidificação do ar respirado. À medida que a temperatura ambiente se eleva e a perda de calor por condução e

convecção é prejudicada, há um aumento na eliminação de calor por evaporação, fazendo com que a transpiração se torne perceptível. Se o ar estiver saturado em vapor d'água, a evaporação não é possível caso o animal ganhe calor enquanto a temperatura ambiente se mantém superior a da pele. Caso contrário, sob um ar seco, a perda de calor pelo corpo ocorre mesmo em altas temperaturas. Em todos os casos, entretanto, a perda de água ocorre na forma gasosa. O resultado final é a perda de calor pelo organismo (SILVA et al., 2006).

Homeotermos são sensíveis à umidade relativa do ar, porque o organismo usa a evaporação como o mecanismo mais importante para a termorregulação e, sob condições úmidas, esse mecanismo fica comprometido com acúmulo de calor no organismo (PEREIRA, 2005).

A umidade relativa do ar varia de acordo com a temperatura ambiente. À medida que a temperatura do ar aumenta, diminui a umidade relativa do ar, havendo, assim, uma correlação negativa entre essas variáveis, ou seja, quanto maior a temperatura ambiente, menor a proporção de vapor d'água na atmosfera (McDOWELL, 1974). Isto se torna um fator favorável em ambiente quente para elevar a transferência de calor por evaporação, cutânea e respiratória. À medida que a carga de radiação térmica aumenta, há um aumento significativo na frequência respiratória dos animais (SOUZA Jr. et al., 2008).

Mesmo que em graus diferentes, todas as características produtivas dos animais são afetadas pelo clima. Em ambiente de temperatura elevada, o excesso ou a falta de umidade pode ser prejudicial (STARLING et al., 2002) representando as condições mais estressantes para os animais de produção (NARDONE et al., 2006).

Em clima tropical, onde as temperaturas ambientes são elevadas durante todo o ano e não há variação no fotoperíodo, acredita-se que a umidade relativa do ar é que tenha influência determinante sobre os parâmetros reprodutivos dos bodes Saanen. Koutsouris e Elefeteriou (1990 *apud* SANTOS et al., 2006) citaram que animais da raça Saanen são mais sensíveis às mudanças da estação do ano do que os de outras raças.

2.2.4 Efeito do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Desde que foram reconhecidas as diferenças entre os animais, quanto à capacidade de enfrentar as variações climáticas do meio em que vivem, têm sido feitas tentativas para que se estabeleçam critérios de classificação dos diversos ambientes e combinações de fatores, que proporcionem conforto térmico aos animais. Neste contexto,

diversos índices do ambiente térmico têm sido desenvolvidos, englobando em um único parâmetro o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente (YANAGI JUNIOR, 2006).

Dentre os mais simples, aqueles que envolvem um menor número de variáveis, o índice de temperatura e umidade (ITU) tem se destacado por englobar apenas a temperatura ambiente (TA) e a umidade relativa do ar (UR). Este índice é bastante utilizado pelos pesquisadores por ser um método fácil e de alta eficiência, portanto tem sido adotado para avaliar o impacto ambiental sobre os animais, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a habilidade dos animais em dissipar calor (WEST, 1999). Foi originalmente desenvolvido por Thom (1958), para avaliar o conforto térmico humano e tem sido utilizado para descrever o conforto térmico de animais, definido de acordo com a reação fisiológica e/ou comportamento do animal (PERISSINOTTO; MOURA, 2007). Johnson et al. (1962) relataram redução na produção de leite de vacas Holstein associada ao aumento no valor do ITU.

As interpretações destes índices variam entre os autores (FUQUAY, 1981; BUFFINGTON et al., 1982; ROSEMBERG et al., 1983; JOHNSON, 1987; ARMSTRONG, 1994; MARAI et al., 2007), contudo para os animais domésticos, em geral, Hahn (1985) considerou que um valor de ITU inferior ou igual a 70 indica condição normal, não estressante; valores entre 71 e 78 são considerados críticos; entre 79 e 83 indica perigo; e acima de 83 constitui uma situação de emergência (MARTINS JUNIOR et al., 2007).

Segundo Fuquay (1981) valores do ITU abaixo de 72 consideram sem risco da ocorrência de estresse térmico, entre 73-77 em estresse térmico leve, entre 78-89 em estresse térmico moderado e acima de 90, como estresse térmico grave. Johnson (1987) considera os limites de ITU como estresse ameno (72-79); estresse moderado (80-89) e estresse severo (90-98). Semelhantemente a ambos os autores, que julgam ser os valores de ITU maior do que 72 os que representam condições de conforto térmico, adversas para a produção animal, Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com a variação de ITU em ameno ou brando (72-78), moderado (79-88) e severo (89-98).

Para ovinos e caprinos Marai et al. (2007) interpretam que os valores do ITU (°F) abaixo de 82 indica ausência de estresse térmico, entre 82-84 estresse térmico moderado, entre 84-86 estresse térmico severo e, ITU a partir de 86 estresse térmico extremamente severo.

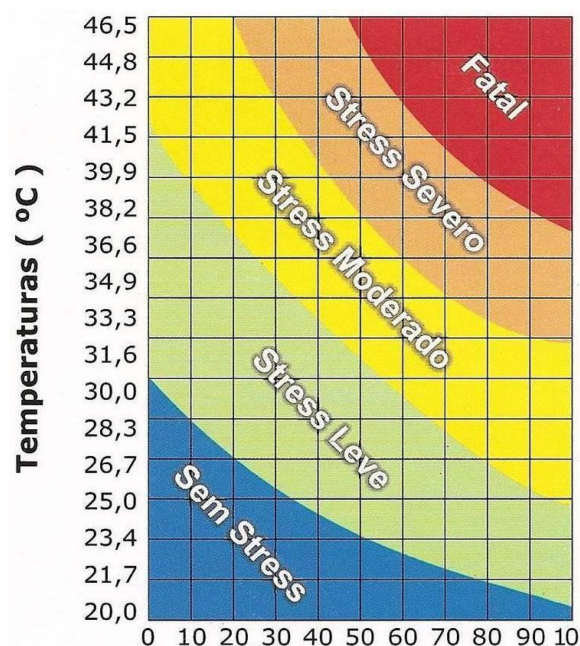


Figura 1 – Tabela do ITU e o conforto térmico (Fonte: University of Arizona)

Rosenberg et al. (1983) consideram que o ITU entre 72 e 78 significa alerta para os produtores e medidas adequadas são necessárias para evitar perdas; na amplitude de 79 a 83 significa perigo, principalmente, para os rebanhos confinados e, medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas e, ITU igual ou maior que 84 significa emergência e que providências urgentes devem ser tomadas.

O valor do ITU considerado limite, entre situações de conforto e estresse, varia segundo diversos autores, mas existe unanimidade em considerar que ambiente com ITU acima de 72 é estressante (VALTORTA; GALLARDO, 1996). Nestes casos, a habilidade do animal de dissipar calor está comprometida e a produção de calor endógeno supera sua capacidade de se resfriar, gerando um estoque de calor corporal, capaz de alterar o estado de homeotermia para hipertermia, isto é, aumento da temperatura corporal acima dos valores normais (JOHNSON, 1987).

Alguns países como a Argentina (LEVA 1998), Estados Unidos (KLINENDIST et al., 1993) África do Sul e Sudoeste da África/Namíbia (DU PREEZ et al. 1990) já foram mapeados de acordo com o ITU e os autores citam que, especialmente, durante os meses mais quentes do ano, há o risco de estresse moderado a severo. No Brasil, as ações neste sentido foram executadas por Barbosa et al. (1995) propondo um zoneamento bioclimático para a ovinocultura nos Estados de São Paulo e Paraná, visando à distribuição mais racional de algumas raças, baseando-se em critérios de conforto térmico.

Pela proposta de Thom (1959) o ITU é calculado pela seguinte fórmula:

$$ITU_{Thom} = t_{bs} + 0,36 \cdot t_{po} + 41,5$$

Onde: t_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C),

t_{po} = temperatura do ponto de orvalho (°C).

A fórmula proposta por Buffington et al., (1982) é:

$$ITU = 0,8TA + UR (TA - 14,3) / 100 + 46,3$$

onde: TA (°C) e UR (p.100).

Diversas instituições disponibilizam serviço on-line de consulta das condições climáticas como a NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e a Universidade de Kentucky nos Estados Unidos, a qual disponibiliza um formulário para cálculo do ITU mostrando as diferentes condições do ambiente (sem estresse, perigo e emergência) para consulta de técnicos e produtores rurais (ROCHA, 2008). Calculado pelo programa “Current U.S. Livestock Heat Stress Conditions” da Universidade do Kentucky (USA), disponível em: (<http://www.agwx.ca.uky.edu/lsi.htm>).

2.2.5 Efeito da pluviosidade

O regime pluviométrico de uma determinada região mantém uma forte relação com as condições hídricas do solo. Nos trópicos, as estações são definidas pelo regime pluviométrico e pela umidade relativa do ar, sendo divididos em trópicos úmidos e secos (VIEIRA et al., 2008) e sua influência na umidade relativa do ar com implicações no conforto térmico e nos mecanismos de termorregulação dos animais. Perfazem 40% do planeta com metade das terras agricultáveis, porém, sendo os responsáveis por apenas um terço da produção mundial de alimentos. Nessa região do planeta, a temperatura média do ar situa-se em geral acima dos 20°C, sendo que a temperatura máxima, nas horas mais quentes do dia apresenta-se acima de 30°C por grande parte do ano, muitas vezes atingindo a faixa entre 35 e 38°C (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2008).

É conhecido que as chuvas da região Nordeste apresentam enorme variabilidade espacial e temporal. Anos de secas e chuvas abundantes se alternam de formas erráticas. Nessa região do Brasil, a principal fonte de variação estacional é a disponibilidade de umidade no solo, diretamente associada à pluviosidade e à produção da matéria forrageira de boa qualidade (ANDRADE et al., 2006) e, disponíveis em quantidades adequadas (LUSWETI, 2000). O comportamento vegetal fortemente influenciado pela pluviosidade,

contribui para as variações no estado nutricional (NUNES, 1988) e o consequente, desempenho dos caprinos (PIMENTA FILHO et al., 2009).

A distribuição das chuvas no Nordeste brasileiro também ameniza a elevada temperatura ambiente da região, interferindo indiretamente sobre o comportamento reprodutivo (NUNES, 1988). Em carneiros, Simplício et al. (1982) encontraram sêmen de melhor qualidade na estação das chuvas e, atribuíram o fato à maior disponibilidade de forragem verde que resultou em melhoria geral das condições dos reprodutores. Os achados de Freitas e Nunes (1992) confirmam, observando a influência positiva do período chuvoso sobre a motilidade espermática, com os melhores resultados do ano. E sobre o volume do ejaculado (SILVA; NUNES, 1984), aumentado em consequência do maior volume de fluidos das glândulas anexas e epidídimo (CORTEEL, 1980).

Em regiões temperadas a estacionalidade reprodutiva dos animais é atribuída à combinação entre fotoperíodo e temperatura ambiente, enquanto em regiões tropicais o efeito ambiental parece estar mais relacionado à chuva e ao seu efeito na quantidade e qualidade da forragem (REGE et al., 2000).

2.2.6 Zona de Conforto Térmico (ZCT)

O conforto térmico traduz uma situação em que o balanço térmico é nulo, isto é, o calor que o organismo do animal produz, mais o que ele ganha do ambiente, é igual ao calor perdido por intermédio da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas (SILVA, 1998).

Para Nããs (1999) zona de conforto térmico ou de termoneutralidade seria aquela limitada pela máxima e mínima temperatura ótima para a produção (Figura 2). Nesse intervalo de temperatura ambiente ocorre o menor desgaste do animal, que se torna mais saudável e produtivo. Por ser um intervalo de satisfação nas condições ambientais, o qual é confortável (SOUZA et al., 2005), os animais atingem a máxima produtividade, dentro de uma faixa de temperatura ambiente adequada. Segundo Baêta e Souza, (1997), a ZCT para caprinos situa-se entre 20°C a 30°C.

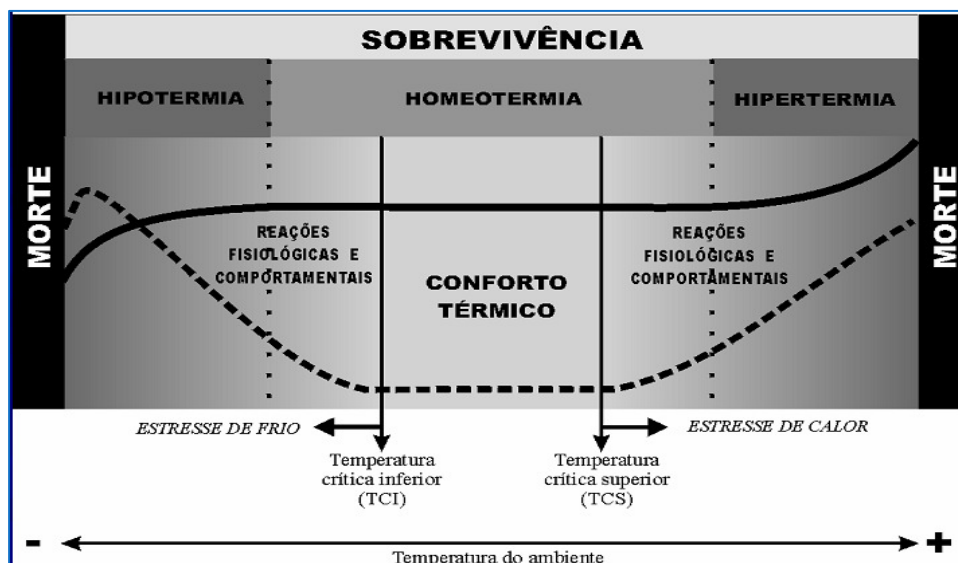


Figura 2. Representação esquemática da zona de termoneutralidade (Adaptado de Pereira, 2005)

Nesta zona, variável de acordo com a fase, manejo e ambiente, o animal alcança seu potencial máximo e, a temperatura corporal é mantida com mínima utilização de mecanismos termorreguladores (CURTIS, 1983). Dentro desses limites, a regulação da temperatura corporal é atingida apenas por processos físicos não evaporativos (BLINGH; JOHNSON, 1973) com perda de calor por convecção, radiação e evaporação conciliada com a produção basal (PINHO, 2007) e, uma variação normal da frequência respiratória (URIBE-VELÁSQUEZ et al., 2001). Nestas condições, o apetite é normal e, os nutrientes ingeridos pelos animais serão quase na totalidade, utilizados para desenvolvimento das funções produtivas (SILVA et al., 2006), pois o gasto de energia para a manutenção do animal ocorre em nível mínimo, não havendo desvio de energia para manter o equilíbrio fisiológico (COSTA, 2007). Sendo então, a produção elevada (BACCARI Jr. et al., 1997).

Assim, a zona de conforto térmico é uma amplitude de variação da temperatura ambiente e, dentro desta zona, os animais não demonstram qualquer sintoma de desconforto térmico (BLINGH; JOHNSON, 1973). Limitada em ambos os extremos pela temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS), respectivamente, como mostra a Figura 2 (SILVA, 2000). Um aumento de temperatura ambiente, acima da TCS, o organismo entra em estresse térmico (NEVES, 2008) desencadeando reações ou respostas fisiológicas com aumento, na temperatura retal e superficial, bem como, na frequência respiratória; diminuindo a ingestão de alimentos e a produção total (LU, 1989, MARAI et al., 2006).

Cada espécie, raça ou categoria de animais, tem uma zona de conforto térmico correlacionada com o seu estado fisiológico, onde o gasto energético do animal é mínimo e,

independente da temperatura ambiente (NARDONE et al., 2006). Fora desta zona, o animal requer energia extra para a termorregulação, modificando seu comportamento, especialmente, nas funções fisiológicas e metabólicas, para manter a homeotermia, (BIANCA, 1976).

2.2.7 Estresse térmico

O termo estresse foi usado primeiramente pelo médico pesquisador austríaco Hans Selye (1936), a partir de experimentos onde animais eram submetidos a diversas situações agressivas, capazes de desencadear no organismo, mecanismos neuroendócrinos de adaptação (PEREIRA, 2005). Segundo Moberg (2000) estresse é definido como a resposta biológica ou conjunto de reações obtidas quando um indivíduo percebe uma ameaça à sua homeostase. Qualquer estímulo ambiental sobre um indivíduo que sobrecarregue os seus sistemas de controle e reduza a sua adaptação ou tenha potencial para isto, resulta em estresse (BROOM; MOLENTO, 2004; SOUZA et al., 2007). Considera-se que os animais estão expostos a estresse térmico quando a temperatura ambiente estiver acima da zona de conforto térmico e a energia for gasta para manter a temperatura corporal, por termorregulação (FUQUAY, 1981).

As adaptações fisiológicas por que passam os animais homeotérmicos durante o estresse térmico podem comprometer importantes sistemas, em termos fisiológicos. Conquanto, as implicações mais importantes do mecanismo de estresse são as respostas adaptativas do organismo estressado. O termo "enfrentamento" implica o esforço de um organismo que são essenciais para superação de uma situação ameaçadora (CHICHINADZE; CHICHINADZE, 2008) e, as estratégias de enfrentamento desempenham um importante papel quando suficiente para fornecer uma adaptação a um estressor agudo (de minutos a horas) (BOONSTRA, 2005). Quando se torna um fator de estresse crônico (dias ou meses) podem desenvolver alterações fisiopatológicas.

Em clima tropical, o animal recebe calor do ambiente pela elevada temperatura ambiente e, por ação direta da radiação solar (APPLEMAN; DELOUCHE, 1958). Neiva et al. (2004) consideraram a temperatura do ar como o mais importante fator climático a atuar sobre o ambiente físico do animal, entretanto, Marai et al. (2007) consideram que o efeito do estresse térmico é agravado quando a temperatura ambiente elevada está acompanhada de alta umidade do ar, já que a forma insensível de dissipação de calor é regulada pela umidade, ou seja, quanto maior a umidade mais será comprometido esse mecanismo. Dessa forma, a temperatura do ar e a umidade são consideradas como os principais elementos climáticos

responsáveis pelo incremento calórico à temperatura corporal dos animais (HARRIS et al., 1960; SHORODE et al., 1960).

A intensidade do estresse térmico pode aumentar se houver aquecimento global contínuo. Enquanto isso, a população do mundo está crescendo mais rapidamente nas regiões tropicais e subtropicais do que nas temperadas, sendo razoável supor que, um percentual maior de animais de produção vai viver em regiões de clima quente, em relação ao que se observa hoje no mundo. E, por fim, as mudanças genéticas e fisiológicas nos animais de produção para aumentar o rendimento, alteram a capacidade de regular a temperatura corporal, tornando-os menos adaptados aos ambientes quentes (VIANNA, 2002). Assim, alternativas de adequar os animais às condições ambientais e, a de selecionar animais capazes de produzir satisfatoriamente em ambientes adversos, essa última parece ser a solução mais prática para os trópicos.

A correlação dos parâmetros ambientais com parâmetros fisiológicos contribui para uma melhor avaliação do estresse térmico em propriedades de exploração leiteira uma vez que, o conhecimento das interações ambientais com o desempenho animal é essencial para o ajuste das práticas de manejo alimentar e reprodutivo e, conseqüentemente, a melhoria do sistema de produção (ROCHA, 2008). Já que, o estresse térmico tem sido reconhecido como um importante fator limitante da produção animal nos trópicos (HOPKINS et al., 1978).

2.3 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

O animal e seu ambiente formam um sistema, no qual ambos atuam e reagem entre si. Em regiões de clima tropical, o ambiente térmico animal deve ser considerado como fator determinante no conforto térmico, faixa de temperatura ambiente, na qual o animal homeotermo praticamente não utiliza seu sistema termorregulador, seja para fazer termólise ou termogênese, situação em que o gasto de energia é mínimo, e na qual ocorre maior eficiência produtiva (TITTO, 1998).

Quando expostos a um ambiente térmico, no qual a produção excede a eliminação de calor, todas as fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente o consumo de alimentos e o metabolismo basal e energético, enquanto que, a temperatura corporal, a frequência respiratória e a taxa de sudção aumentam. Essas funções indicam tentativas do animal de minimizar o desbalanço térmico para manter a homeotermia (YOUSEF, 1985).

De la Sota et al. (1996) afirmaram que, quando o animal é submetido às condições ambientais estressantes, além das alterações fisiológicas e comportamentais, há redução no crescimento e na resistência as doenças, bem como os parâmetros sanguíneos, são alterados.

A adaptação fisiológica, principalmente, por meio das alterações do equilíbrio térmico, e a adaptabilidade de um rendimento, que descreve as modificações desse rendimento quando o animal é submetido às altas temperaturas, são para McDowell (1974), as duas classes principais de avaliação da adequação a ambientes quentes.

2.3.1 Temperatura retal (TR)

A temperatura corporal é o resultado da diferença entre energia térmica produzida mais a recebida pelo organismo animal e a energia térmica dissipada desse para o meio. A temperatura retal é um indicador dessa diferença e, pode ser usada para avaliar a adversidade do ambiente térmico sobre os animais (JOHNSON, 1980) e, como parâmetro para medir o grau de tolerância dos indivíduos ao estresse térmico (URIBE-VELÁSQUEZ et al., 1998; CHEMINEAU et al., 2004; COELHO et al., 2006). Já Hopkins et al. (1984) concluíram que poderia ser utilizada como uma medida de adaptação. É geralmente considerada como um bom índice de temperatura corporal profunda, embora haja uma variação considerável em diferentes partes do núcleo profundo do corpo em diferentes momentos do dia (SRIKANDAKUMAR et al., 2003).

A manutenção da temperatura corporal se efetua sob controle do SNC, mediante ajustes fisiológicos e comportamentais, exigindo que a produção e a perda de calor pelo organismo sejam equivalentes sempre que o centro termorregulador detecta variações do ambiente térmico (TEIXEIRA, 2000).

Nos animais homeotérmicos a temperatura corporal é mantida dentro de limites estreitos por uma série de mecanismos de regulação térmica. Entre o animal e o meio existe uma constante transferência de calor dividida em calor sensível e calor insensível (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2008). A perda de calor sensível envolve trocas diretas de calor com o ambiente por condução, convecção ou radiação e dependem da existência de um gradiente térmico entre o corpo do animal e o ambiente (HABEEB et al., 1992). A perda de calor insensível consiste na evaporação da água na superfície da pele ou através do trato respiratório, usando o calor para mudar a entalpia da água em

evaporação (INGRAM; MOUNT, 1975). Quanto maior o gradiente térmico entre a superfície do animal e o meio, maior é a capacidade de dissipação de calor do animal, à medida que diminui esse gradiente, ocorre uma redução na perda de calor da forma sensível e, aumenta através dos mecanismos de perda de calor insensível (SOUZA et al., 2003).

Cada espécie animal possui uma faixa de temperatura de conforto, a zona termoneutra, definida como a faixa de temperatura em que a produção é ótima (YOUSEF, 1985). Para caprinos adultos, Brion (1964) e Castro (1979), citam como normal uma variação na TR de 39 a 40°C para animais em repouso. Uribe-Velásquez et al. (2001) consideram uma variação normal entre 38,5°C a 40°C e para Reece (1996 *apud* MARTINS Jr. et al., 2007) o intervalo considerado normal para a espécie caprina é de 38,5°C a 39,7°C. Arruda e Pant (1984) verificaram uma média de 39,19°C para caprinos de diferentes idades e pelagens nos dois turnos no Nordeste do Brasil. Enquanto a média encontrada por Silveira et al. (2001) foi de 39,37 °C, em caprinos das raças Bôer e Anglo-Nubiana em região semi-árida brasileira.

De acordo com McDowell et al. (1976), uma elevação de 1°C ou menos na temperatura retal é o bastante para reduzir o desempenho na maioria das espécies de animais domésticos.

Na literatura, vários autores encontraram a temperatura retal de caprinos com valores superiores no turno da tarde (ARRUDA; PAINT, 1985; MEDEIROS et al., 1998b; URIBE-VELASQUEZ et al., 1998; BRASIL et al., 2000; TURCO et al., 2004; SANTOS et al., 2005; SILVA et al., 2006; MARTINS Jr et al., 2007; SOUZA et al., 2008). Acharya et al. (1995) notaram que, quando expostos à radiação solar direta, caprinos apresentaram valores superiores para TR, durante o turno da tarde com relação ao turno da manhã. No entanto, Uribe-Velásquez et al. (2001) e Brasil et al. (2000) relataram que tanto em condições de termoneutralidade como sob influência de estresse térmico em câmara bioclimatológica, os animais apresentaram médias de temperatura retal, no turno da tarde, superiores às da manhã, ocorre em função de a temperatura ambiente ser mais elevada nesse turno e, do próprio ciclo metabólico dos animais.

2.3.2 Frequência respiratória (FR)

A avaliação da frequência respiratória auxilia no estudo da capacidade do animal em resistir aos rigores do estresse térmico (MULLER et al., 1994) sendo usada

como parâmetro para medir esse estresse; se a FR for alta, pode ser uma maneira eficiente de perder calor por curtos períodos, mas caso seja mantida por várias horas, poderá resultar em sérios problemas para os animais. A respiração acelerada e contínua poderá interferir na ingestão de alimentos e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia ser utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (SOUZA et al., 2005).

O incremento da atividade respiratória é uma importante forma do animal perder calor quando submetido a temperaturas elevadas e, se constitui no primeiro sintoma visível da resposta ao estresse térmico (McDOWELL, 1989).

Ocorre aumento da FR como forma dissipação de calor, para manter a homeotermia (GOMES et al. 2008; PERISSINOTO et al., 2009) de animais submetidos a ambientes de temperatura elevada (SOUZA et al., 1990). O processo de dissipação de calor pode ocorrer de duas formas, por aquecimento do ar inspirado ou, por evaporação através das vias respiratórias (QUATERMAIN; BROANBENT, 1974; BACCARI Jr, 1990; SOUZA et al., 1990).

O aumento da FR, em resposta ao aumento da temperatura hipotalâmica, ativa o resfriamento seletivo do cérebro feito pela carótida em caprinos (JESSEN; PONGRATZ, 1979), promovendo a troca de calor que ocorre entre o sangue venoso, que vem da mucosa nasal, e o arterial que irriga o cérebro. Assim, em caprinos o resfriamento seletivo do cérebro tem alta correlação com a perda de calor por evaporação respiratória (JESSEN; KUHNEN, 1996).

Os animais com pelagem espessa tendem a apresentar uma temperatura da epiderme mais elevada, devido a maior dificuldade de perder calor através da forma sensível. Em consequência, ocorre o aumento da perda de calor através da sudorese e da FR. O que do ponto de vista fisiológico, é bastante importante, uma vez que uma taquipnéia prolongada pode causar uma redução na pressão sanguínea de CO₂, além de sensível acréscimo no calor armazenado nos tecidos devido ao trabalho acelerado dos músculos respiratórios (SILVA; STARLING, 2003). Nos casos de temperaturas extremas e contínuas, o animal, em consequência da hiperventilação, poderá entrar em um quadro de alcalose respiratória e morte.

Em situação de termoneutralidade, a FR de caprinos apresenta um valor médio de 15 movimentos respiratórios por minuto, com valores variando entre 12 e 25 movimentos (GÜTLER et al., 1987). No entanto, para Dukes e Swenson (1996) a FR em caprinos apresenta valor médio de 25 movimentos respiratórios por minuto,

variando entre 20 e 34 movimentos. Podendo esses valores ser influenciados pelo trabalho muscular, temperatura ambiente, ingestão de alimentos, estado fisiológico, idade, tamanho do animal (SILVA et al., 2005), sexo e estação do ano (OGEBE et al., 1996).

Brasil et al. (2000) trabalhando com caprinos em condições de termoneutralidade e sob estresse térmico, verificaram que há uma variação da FR com relação ao período do dia, sendo no turno da tarde superior ao turno da manhã.

De acordo com Radostits et al. (2002) um aumento elevado da temperatura ambiente pode dobrar a FR normal dos animais, pois os mecanismos termorregulatórios acionados aumentam a perda de calor na forma latente, na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites normais evitando a hipertermia. Em ovinos, Silanikove (2000), concluiu que a frequência respiratória pode quantificar a severidade do estresse térmico em ruminantes, em que a FR de 40–60, 60–80 e 80–120 mov/min caracterizam, respectivamente, estresse baixo, médio-alto e alto, e acima de 200 mov/min o estresse seria severo.

2.3.3 Frequência Cardíaca (FC)

A frequência cardíaca é controlada pela interação dos centros cardioinibidor e cardioacelerador, na medula oblonga, os quais, por sua vez, estão sob a influência do sistema nervoso central, incluindo o hipotálamo e o sistema límbico. A temperatura ambiente, e outras variáveis fisiológicas, como a idade, podem alterar o tônus vagal, intensificando a atividade dos centros cardioacelerador e vasoconstritor, elevando, portanto, a FC. De acordo com Guyton e Hall (2002), esse efeito, presumivelmente, deve-se ao fato de que, o calor excessivo aumenta a permeabilidade iônica da membrana celular, resultando em aceleração do processo de auto-excitação. Quando a FC se eleva acima de um nível crítico, a própria força do coração diminui pelo uso excessivo dos substratos metabólicos para o músculo cardíaco, além do que, o período de diástole entre as contrações diminui de forma que o sangue não tem tempo para fluir adequadamente dos átrios para os ventrículos. Então, a elevação exacerbada e prolongada da temperatura ambiente exaure os sistemas metabólicos do coração, causando fraqueza, e eventualmente até mesmo o óbito do animal (SIVA et al., 2005).

Segundo Silva e Gondim (1971), a FC está sujeita a um grande número de fatores além da temperatura ambiente, como a idade, individualidade, temperamento e o

grau de excitação do animal. A magnitude das variações depende de cada animal, pois as respostas ao estresse são diferentes quando comparados animais distintos.

Appleman e Delouche (1958) verificaram que caprinos vivendo em uma temperatura ambiente de 23°C apresentaram de 75 a 110 bat/min, com média de 89 bat/min. Este mesmo autor sugeriu que a tonalidade do pêlo pode também desempenhar um papel na capacidade que o animal tem para termorregular, já que animais com pelagem branca absorvem menos calor e que, em pleno sol, pode servir como isolamento de calor radiante.

Santos et al. (2005) trabalhando com caprinos no Nordeste brasileiro em temperatura ambiente variando sob condições de sombra (28,5-33,8°C) e ao sol (34,5-42,5°C) encontraram diferentes valores de FC entre raças, variando de 81,6 bat/min, na Boer; 74,1 bat/min, na Anglo-Nubiana; 95,4 bat/min, na Moxotó e 74,5 bat/min, na Parda-Sertaneja.

Detweiler (1988) afirma que os dados de frequência cardíaca na literatura científica, na maioria das vezes, são discrepantes, devido às diferentes condições ambientais em que foram obtidas. Destacam-se ainda como limites, uma frequência cardíaca de 70 a 80 bat/min para caprinos e ovinos no repouso (REECE, 1996 *apud* MARTINS Jr et al., 2007).

2.3.4 Temperatura superficial

A pele protege o organismo do animal do calor ou do frio e sua temperatura varia de acordo com as condições ambientais de temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento, bem como de fatores fisiológicos como vasodilatação e sudação.

A temperatura da superfície corporal depende, principalmente, das condições ambientes de umidade relativa do ar, temperatura ambiente e vento, assim como, das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor. Assim, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente em temperaturas amenas. Os animais dissipam calor para o ambiente através da pele por radiação, condução e convecção, ou seja, por perda de calor sensível. Sob condições de estresse pelo calor, as perdas sensíveis são diminuídas e a evaporação torna-se o principal processo de perda de calor (CUNNINGHAM, 1999).

Quando os animais estão sob temperatura ambiente superior a 30°C; a evaporação cutânea torna-se o principal mecanismo de perda de calor, chegando a 85%

do total, enquanto que os outros 15% corresponderam às perdas por evaporação respiratória. A capacidade máxima de sudação é atingida sob temperatura ambiente elevada, situação onde ocorre aumento do volume de sangue para a epiderme, o que proporciona às glândulas sudoríparas, maior estímulo e quantidade de matéria prima. Com o avançar da idade, devido à redução do suprimento sanguíneo e à degeneração dos nervos dérmicos e tecidos, ocorre uma diminuição da produção (SCHLEGER; BEAN, 1971).

O aumento da perda do calor cutâneo como resposta imediata à elevação da temperatura da pele, pode ser mais importante nas cabras, do que nos grandes ungulados. Por serem de menor tamanho, os caprinos expõem à radiação uma maior área de superfície em relação à massa do seu corpo (BORUT et al., 1979), além de apresentarem pelame pouco denso, formado por pêlos finos e compridos (LIGEIRO et al., 2006).

A temperatura superficial é influenciada pelo turno e pelo período do ano, sendo mais elevada no turno da tarde e nos períodos de maior temperatura ambiente, demonstrando que, mesmo de forma indireta, a radiação afeta este parâmetro (MEDEIROS et al., 1998; SILVA et al., 2003). Segundo Habeeb et al. (1992) o redirecionamento do fluxo sanguíneo e a vasodilatação facilitam a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos; condução, convecção e radiação, reduzindo a TS, porém, a eficácia desses mecanismos depende da diferença de temperatura entre o corpo do animal e o ambiente. Quando há uma diferença de temperatura aceitável, o excesso de calor é dissipado do corpo aquecido para o meio mais frio; do contrário, o animal terá que utilizar mecanismos evaporativos.

A evaporação da superfície cutânea foi medida em áreas corporais diferentes da epiderme, com base nos resultados experimentais de McLean (1963) devido à secreção e a evaporação não serem homogeneamente distribuídas em toda superfície cutânea. A temperatura de superfície das costelas (TSC) reflete a perda através da vasodilatação periférica, uma vez alcançada a vasodilatação máxima, a evaporação cutânea e respiratória aumenta de maneira linear em relação à temperatura ambiente, permitindo um equilíbrio das trocas térmicas (CHEMINEAU et al., 2004). A temperatura de superfície do flanco (TSF) reflete a evaporação cutânea em relação à temperatura ambiente.

2.3.5 Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos

O estresse é muito frequentemente acompanhado de numerosas alterações estruturais e funcionais do organismo como parte de um mecanismo de defesa. Representa uma modificação progressiva dos mecanismos fisiológicos, para permitir que o indivíduo responda ao agente estressor, com alteração mínima da homeostasia. Portanto, o estresse serve para proteger o estado homeostático do indivíduo (SILVA et al., 2003).

Nos animais homeotérmicos, a temperatura do corpo se mantém relativamente constante, devido ao balanço existente entre a quantidade de calor produzido e a quantidade de calor perdido, através de uma série de mecanismos de regulação térmica os quais incluem respostas fisiológicas e comportamentais ao ambiente; no entanto, quando os animais são expostos a uma temperatura ambiente elevada, acima da temperatura crítica superior, estão sujeitos a hipertermia, sendo necessário valerem-se do sistema termorregulatório, através da vasodilatação cutânea, sudorese e do aumento da frequência respiratória para manter a temperatura corporal (BAÊTA; SOUZA, 1997) podendo chegar a um ponto em que, o organismo animal será incapaz de controlar a sua própria temperatura, rompendo o equilíbrio homeostático e, desencadeando o estresse térmico. A capacidade do animal em resistir aos rigores do estresse térmico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e frequência respiratória, uma vez que são considerados os melhores indicadores de tolerância ao calor (BROWN-BRANDL et al., 2003).

Trabalhos de pesquisa e revisão têm demonstrado que o estresse térmico pode alterar reações fisiológicas e comportamentais nos animais. O aumento do grau de resfriamento evaporativo-respiratório, a fim de contrabalançar a elevada carga térmica, a partir da radiação solar, faz com que, sob estresse térmico haja taquipnéia em caprinos (KATAMOTO et al., 1998; MARTINS Jr et al., 2007), ovinos (GADBERRY et al., 2003; NEIVA et al., 2004) e bovinos (GAUGHAN et al., 1999; FERREIRA et al., 2006). Animais ao sol consomem mais água, bebendo com mais frequência do que animais à sombra, provavelmente, para compensar o aumento do potencial de perda por evaporação, pelo aumento da frequência respiratória (AL-TAMIMI, 2007).

Em ambiente tropical, geralmente, o mecanismo físico de termólise considerado mais eficaz é o evaporativo, por não depender do diferencial de temperatura entre o organismo e a atmosfera. Nesses ambientes, a TA tende a ser

próxima ou maior do que TR, tornando ineficaz a termólise por condução e convecção (SILVA, 2000). Assim, a evaporação no trato respiratório ou na superfície da pele é um mecanismo essencial para a regulação térmica em homeotérmicos (CENA; MONTEITH, 1975). Em TA elevada e UR baixa, menor será a proporção de vapor d'água na atmosfera, o que se torna um fator favorável no ambiente para elevar a transferência de calor por evaporação, cutânea e respiratória (SOUZA Jr et al., 2008). À medida que a carga de radiação térmica aumenta, há um aumento significativo na frequência respiratória dos animais.

O primeiro sinal visível de animais submetidos ao estresse térmico é o aumento da FR; seu aumento ou diminuição está na dependência da intensidade e da duração do estresse térmico a que estão submetidos os animais (MEDEIROS et al., 1998).

Assim, o estresse térmico é um estado fisiológico onde o somatório de forças externas ao animal homeotérmico, altera a temperatura corporal do estado de repouso, capaz de desorganizar a fisiologia provocando conseqüências adversas diretamente na função celular, pela redução da capacidade termorreguladora. Diante do estresse térmico os animais reduzem o seu desempenho produtivo e ampliam a queda sazonal da fertilidade.

2.3.6 Temperatura superficial dos testículos

A manutenção térmica da pele escrotal é afetada pela temperatura ambiente, umidade relativa do ar, temperatura corporal, quantidade de calor perdido por radiação do escroto, postura do animal, grau de obesidade do animal e integridade escrotal.

A temperatura superficial do testículo direito (TSTD) e a temperatura superficial do testículo esquerdo (TSTE), traduz a eliminação de calor pelos testículos de acordo com a temperatura ambiente, para evitar a degeneração seminal e a redução na fertilidade.

Em bovinos, Barros et al. (2009) observaram que temperatura escrotal superficial, nas porções dorsal e medial, aumentou com a elevação da temperatura ambiente. Kastelic et al. (1995, 1996a, 1996b e 1997) registraram resultados semelhantes e observaram que a temperatura ambiente exerceu grande influência na temperatura escrotal superficial, principalmente na porção ventral. O calor perde-se a

partir do testículo e escroto para o ambiente através da pele escrotal, o que é bem dotado de glândulas sudoríparas (SETCHELL; BREED, 2006).

De acordo com Waites e Moule (1961), qualquer alteração da temperatura escrotal é rapidamente transferida para a veia presente na superfície dos testículos, e essas veias, quando chegam ao funículo espermático por meio do sistema de calor contracorrente, determinam a temperatura com que o sangue chega aos testículos. Esses autores observaram que temperatura escrotal subcutânea mais baixa levou a queda na temperatura intra-arterial com consequente redução da temperatura intratesticular. Quando a temperatura ambiente foi mais elevada foi observado efeito oposto.

Nem todos os animais respondem de igual maneira a um mesmo ambiente térmico. No clima tropical do Nordeste do Brasil, as raças de caprinos nativas são geralmente, mais resistentes ou, estão mais bem equipadas para a termólise. Os animais de produção elevada, tidos como exóticas, têm que liberar mais calor metabólico, mas dentro de uma mesma raça, indivíduos cuja temperatura retal seja mais baixa são mais bem adaptados e também, os mais férteis (CHEMINEAU et al., 2004).

2.4 PARÂMETROS REPRODUTIVOS

A produção animal é resultante do componente característico dos indivíduos, das condições do meio ambiente e das possíveis interações entre estes fatores. Pode-se compreender esta relação assumindo-se que as características genéticas dos indivíduos poderão ser expressas em intensidade variável, dependendo dos componentes finais, resultantes das interações com o ambiente (COSTA, 2007).

Nas regiões tropicais e subtropicais, os caprinos são considerados poliétricos contínuos, isto é, se reproduzem em todos os períodos do ano, porém sofrem influência de fatores ambientais, tais como a temperatura ambiente (NUNES, 1988) e a umidade relativa do ar (ZARROUK et al., 2001). O estresse provocado pela alta temperatura ambiente, além de interferir nos parâmetros fisiológicos, também afeta a função reprodutiva dos machos via eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (RIVER; RIVEST, 1991; OLIVEIRA; LIMA, 1994; NUNES et al., 1997), uma vez que a espermatogênese está sob o controle do sistema neuroendócrino e sofre influência direta da termorregulação escroto-testicular (COUROT; ORTAVANT, 1981).

Quando se avalia a capacidade reprodutiva do macho caprino, parâmetros como genótipo, estação do ano, (KARAGIANIDIS et al., 2000), idade, nutrição

(GEBRE, 2007), estado de hígidez, perímetro escrotal e sistema de manejo devem ser considerados (SANTOS; SIMPLÍCIO, 2000). Mas o desempenho é determinado pelos efeitos do genótipo e do meio ambiente e, a interação entre ambos determina os elementos que interferem na eficiência reprodutiva dos animais (JOHNSON, 1987; SANTOS et al. 1998). O êxito da produção animal está em conseguir conter os fatores estressantes que definitivamente incidem de maneira negativa no bem-estar dos animais (IZQUIERDO et al., 2005).

Consequentemente, o conhecimento do comportamento sexual, associado às variações na produção do ejaculado permitem determinar a melhor época do ano para a reprodução dos caprinos, possibilitando ao produtor a utilização mais racional dos reprodutores (NUNES, 1982; DELGADILLO et al., 1991).

2.4.1 Características seminais

A produção espermática dos caprinos é influenciada por fatores como raça, idade, época do ano (NUNES; FREITAS, 1989; MACHADO; SIMPLÍCIO, 1991), o próprio indivíduo e o ejaculado (SANTOS, 2005), bem como, o fotoperíodo, a temperatura ambiente e a umidade (CORTEEL, 1981; RESTALL, 1991; CHEMINEAU et al., 2004), responsáveis pela variação das características do sêmen. Além do manejo nutricional e sanitário dos reprodutores (KARAGIANIDIS et al., 2000; GEBRE, 2007).

Santos e Simplício (2000) observaram que, com o aumento da temperatura testicular, houve uma acentuada redução nos parâmetros seminais de caprinos, independente do genótipo. Discordando desses autores, Karagiannidis et al. (2000), estudando as características e variações estacionais no ejaculado de caprinos Alpinos, Saanen e Damascus observaram que houve diferença significativa entre as raças, com relação às características quantitativas e qualitativas do sêmen, sendo o sêmen de melhor qualidade, o produzido durante o verão e outono (SILVA et al., 2005).

Para caprinos, o volume do ejaculado varia de 0,2 a 2,0 mL tendo como média 0,8 ml (MORROW, 1987; MIES FILHO, 1987; HAFEZ; HAFEZ, 2004; SALVIANO et al., 2008). No clima tropical reprodutores caprinos de diferentes raças mostraram alguma diferença no volume seminal, que é maior durante o período chuvoso, em consequência de uma maior disponibilidade de forragem verde, determinando melhoria geral das condições corporais dos animais, assim como, a temperatura ambiente ser mais amena. Contrariamente, durante o período seco os

machos caprinos tendem a produzir um menor volume seminal. Resultados encontrados em caprinos da raça Anglo-Nubiana por Nunes (1988) e da raça Alpina Americana por Souza et al., (2009).

No Nordeste do Brasil o fotoperíodo não é fator limitante para a reprodução, mas, sim, a nutrição (NUNES, 1988). Em áreas de médias e altas latitudes, a temperatura não parece estar relacionada com a regulação da atividade sexual em bodes, porém, em regiões de clima subtropical e tropical, a temperatura é um limitante para a eficiência reprodutiva, pois o volume e a concentração do sêmen sofrem quedas em altas temperaturas (LEBOEUF et al., 2000; SANTOS; SIMPLÍCIO, 2000).

De acordo com Mies Filho (1987), a concentração de espermatozóides em bodes em estação reprodutiva, varia de $1 - 5 \times 10^6$ espermatozóides/ml, sendo a média 3×10^6 . Já Hafez e Hafez (2004) apresentaram a concentração espermática variando entre $2 - 6 \times 10^6$ espermatozóides/ml. Em caprinos a concentração espermática parece ser uma característica individual influenciada pelo período do ano (EATON; SIMMONS, 1952).

Em ruminantes, pesquisas com a técnica de insulação escrotal, como modelo para o aumento da temperatura testicular, evidenciaram que as alterações seminais, caracterizaram-se por decréscimos na concentração espermática, na motilidade progressiva individual e no número de células espermáticas normais (SANTOS; SIMPLÍCIO, 2000; MOREIRA et al., 2001). Autores como Kraemer, (2000), Blottner et al. (2001), Chemineau et al. (2004) e Valle et al. (2005) concluíram que a elevada temperatura ambiente interfere negativamente na qualidade espermática, sendo a motilidade progressiva individual e o percentual de células morfológicamente anormais, as características mais afetadas.

Em caprinos verifica-se a existência de variação racial para o parâmetro motilidade espermática, que nos reprodutores da raça Saanen foi inferior à observada no sêmen dos animais da raça Alpina, provavelmente, a causa principal da menor motilidade tenha sido a maior porcentagem de patologias espermáticas encontradas principalmente cauda dobrada com gota e cauda fortemente dobrada ou enrolada, que representaram, aproximadamente, 75% das patologias espermáticas para os machos Saanen, influenciando, assim, sua motilidade espermática (SANTOS et al., 2006).

A morfologia espermática é identificada como uma das características termossensíveis do sêmen (BUENDÍA et al., 2002). A elevação da temperatura testicular produz espermatozóides anormais, pois afeta as etapas da espermatogênese, principalmente na fase intermediária (espermátocitos e espermátides) e com menos

intensidade, na etapa inicial (espermatogônia) e na final (espermatozóides). Os espermatócitos e as espermátides são mais termossensíveis, e quando alterados, prejudicam a qualidade do sêmen. Já os espermatozóides maduros parecem ser afetados durante o estágio final de desenvolvimento ou na região da cabeça do epidídimo, ocorrendo alterações estruturais e metabólicas; este gameta pode fertilizar, mas ocorre a morte embrionária conseqüente (GABALDI; WOLF, 2002). É interessante comentar que o ciclo espermatogênico dos caprinos tem em média 50 a 53 dias (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Vieira et al. (2008) concluem que as porcentagens de espermatozóides vivos e normais são consideradas importantes indicadores da função testicular, sendo o número total de espermatozóides normais a melhor forma de avaliar-se o efeito da época do ano na viabilidade espermática.

As características físicas e morfológicas do sêmen caprino têm sido estudadas por diversos autores (VINHA; MEGALE, 1980; MIES FILHO, 1987; NUNES et al., 1997; HAFEZ; HAFEZ, 2004), mas padrões para o ejaculado caprino, visando à sua avaliação clínico-andrológica e o uso do sêmen para inseminação artificial, foram estabelecidos pelo CBRA (1998). Acontece que os dados do CBRA não consideram as diferentes zonas bioclimáticas na avaliação e determinação de parâmetros.

2.4.2 Características de libido

O teste de libido é utilizado para observar as variações estacionais na intensidade de comportamento sexual de machos (AHMAD; NOAKES, 1995). Segundo Carthy (1980), citado por Baccari (2001), denomina-se comportamento aquilo que se consegue perceber das reações de um animal, ao ambiente que o cerca. O comportamento é uma das propriedades mais importantes da vida animal e, tem um papel fundamental nas adaptações das funções biológicas. Algumas formas irregulares de comportamento são comumente manifestadas por animais mantidos em ambientes severamente hostis (FRASER, 1980).

Há fatores genéticos e ambientais que influenciam o desenvolvimento da função reprodutiva e o comportamento (DERIVEAUX, 1967). No macho, durante o comportamento sexual verificam-se duas fases, o cortejo e a cópula (PATINO, 2002). No cortejo, o macho adota uma postura diferenciada, onde alonga a cabeça para trás

com as orelhas deitadas. É uma etapa de identificação olfativa, o macho cheira e lambe a região anogenital da fêmea e a urina, respondendo com o ato de fungar, estimulando-se com os feromônios da urina da fêmea, realiza o *reflexo de Flehmen* (estende o pescoço, retrai o lábio inferior e expõe o superior, cheirando o ar). Exterioriza e retrai a língua, seguidas vezes. Emite um som característico, bate e raspa os cascos no chão, como demonstração de masculinidade e, bate no flanco da fêmea ou, a empurra com os membros anteriores, acotovela e o escoicea (SAMPAIO, 2008). Essa sequência de condutas do macho ocorre na exposição frente a uma fêmea em estro. (SANTOS, 2004; FABRE-NYS, 2000; RIBEIRO, 1997; HAFEZ, 1995). Em caso de receptividade da fêmea, segue-se o ato sexual.

A cópula tem início numa fase de excitação diretamente ligada com o cortejo, seguida por ereção, emissão do pênis, monta, abraço, procura, introdução, empuxo final e ejaculação, desmonta, relaxamento e, tranquilização onde o macho apresenta um período refratário não respondendo a estímulos sexuais (MIES FILHO, 1987; HAFEZ, 1995; PATINO, 2002; SAMPAIO, 2008),

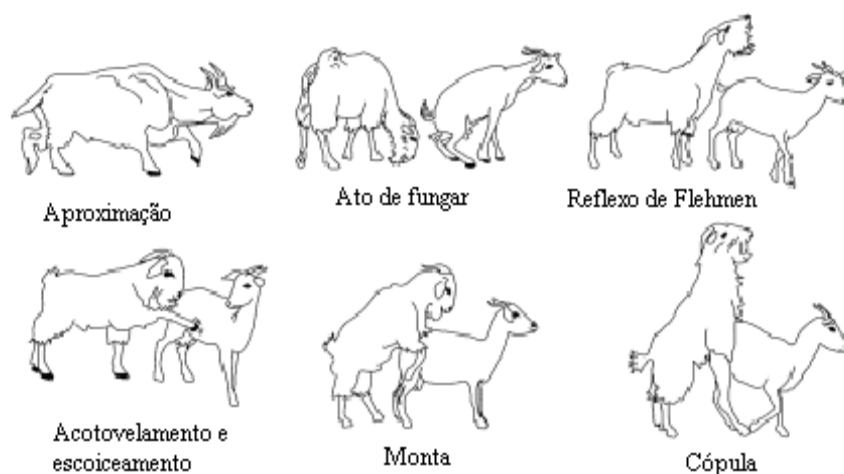


Figura 3. Padrão de comportamento sexual do bode (adaptado de FABRE-NYS, 2000).

A libido é uma das primeiras características comportamentais externas da reprodução, afetadas pela elevação da temperatura ambiente (CHEMINEAU et al., 2004). Em bodes e carneiros de diferentes raças do nordeste do Brasil, as alterações na libido ocorrem devido a variações climáticas em função da temperatura ambiente e do regime de chuvas (NUNES, 1982). A nutrição, idade, hora do dia e estimulação do macho são fatores, que também devem ser considerados (GOMES et al., 1971). A amplitude das variações muda substancialmente de acordo com o rebanho e a

individualidade do macho, representando a sensibilidade de cada animal ou rebanho para o meio (CAVALCANTE, 2003).

Em machos adultos, a eficiente motivação sexual depende de secreção hormonal e do comportamento social, ou seja, qual posição social o macho ocupa no rebanho. A posição social ocupada ajuda a modular a eficiência reprodutiva do macho pela competição e determinação da hierarquia no grupo, e também estimula a produção de sêmen e a entrada mais precoce ou tardia na puberdade. Fêmeas em estro, nutrição adequada e período do ano contribuem nesse aspecto (DANTAS, 2009). Os carneiros sofrem grande influência da interação social, de modo que, um animal jovem pode atingir a sua maturidade sexual antes do previsto, pela convivência com animais adultos em atividade reprodutiva. Os jovens interagem com animais mais velhos e desenvolvem mais antecipadamente seu instinto reprodutivo e a libido, acabando por atingir a puberdade mais cedo (SHACKLETON; SHANK, 1984; LEBOEUF et al., 2000).

Em caprinos, há poucos estudos acerca do seu comportamento sexual e menos ainda, quanto à avaliação da libido, normalmente a abordagem da libido dos caprinos é baseada adaptando-se a avaliação do comportamento dos bovinos e ovinos (SALVIANO; SOUZA, 2008). Alguns autores (FREITAS; NUNES, 1992; MACHADO JÚNIOR, 2006; SILVA, 2006) adotaram a metodologia considerando o tempo de aproximação e monta, classificando os reprodutores como *Excelente* (tempo entre 0 a 59 segundos), *Bom* (entre 60 e 120 segundos) e *Regular* (superior a 120 segundos).

Santos (2003) verificou a influência da raça sobre a libido de bodes exóticos e nos adaptados ao clima tropical do nordeste brasileiro. Machado et al. (1994) encontraram vantagens quanto ao número de montas realizadas por bodes Moxotó em comparação aos da raça Pardo-Alpina. Santos et al. (2005) compararam quatro raças diferentes, Boer, Anglo-nubiana, Pardo-Sertaneja e Moxotó, observando que caprinos com aptidão leiteira (FREITAS; NUNES, 1992) têm maior libido, do que os das raças de corte seguindo o mesmo padrão dos bovinos (SALVIANO; SOUZA, 2008).

2.4.3 Características da circunferência escrotal (CE)

Entre os parâmetros avaliados no exame de reprodutores, o mais utilizado, principalmente em função da facilidade de aferição é a circunferência ou perímetro escrotal, cujo valor obtido é relacionado ao volume de área ocupado pelo tecido

testicular, responsável pela produção de andrógenos e espermatozóides (SIRCHIA, 2008).

A circunferência escrotal é a medida escroto-testicular mais confiável para a seleção de animais jovens (UNANIAN et al., 2000), quando o objetivo é identificar os indivíduos que apresentam um maior potencial reprodutivo. Vilar Filho et al. (1993) afirmam que dentro de uma mesma raça e faixa etária, os animais portadores de maior circunferência escrotal devem ser selecionados em detrimento daqueles com CE reduzida.

Nos pequenos ruminantes o escroto é um saco membranoso pendular ovóide e, comprimido no sentido crânio-caudal, está suspenso na região inguinal e, anterior à flexura sigmóide (SISSON, 1986; EVANS; MAXWELL, 1990; NÚÑES, 1993). Em sua face externa encontra-se uma pele fina e flexível (FRANDSON et al., 2005), recoberta de pêlos contendo muitas glândulas sudoríparas e sebáceas (EVANS; MAXWELL, 1990), onde as glândulas sudoríparas permitem a diminuição da temperatura escrotal por meio da evaporação (BLAZQUEZ et al., 1988). Já a face interna apresenta duas membranas: a túnica dartos e a túnica vaginal, além do músculo cremáster externo. Como funções o escroto não só aloja e protege os testículos, mas também possui um importante papel na regulação térmica testicular, propiciando a produção espermática que normalmente ocorre 4-7°C abaixo da temperatura corporal nos caprinos (EVANS; MAXWELL, 1990; CHEMINEAU et al., 1991; KASTELIC et al., 1995).

Vilar Filho et al. (1993) estudaram as características testiculares em caprinos de diferentes raças e, verificaram valores médios relativos à circunferência escrotal de 25,8 cm para a raça Parda Alpina; 25,3 cm, para a raça Anglo-Nubiana; e 23,9 cm, para a raça Canindé. Santos et al. (2001) trabalhando com bodes da raça Saanen observaram uma diminuição da circunferência escrotal entre os meses de setembro a janeiro, com uma variação de 31,37 cm a 25,41 cm para este parâmetro. Diversos autores (BONGSO et al., 1982; AHMAD; NOAKES, 1996; BECKER-SILVA et al., 2000) indicam que o tamanho da CE tem correlação altamente significativa com o peso corporal e a idade, verificaram ainda uma variação racial para o parâmetro circunferência escrotal, onde Santos et al. (2006) observaram uma maior precocidade dos caprinos Saanen sobre os da raça Alpina, podendo-se extrapolar que, a circunferência escrotal é uma característica importante para a precocidade sexual e o volume do ejaculado.

Em caprinos, a CE apresenta correlação positiva com as características seminais de volume e concentração, além das anormalidades espermáticas da peça intermediária e gota citoplasmática distal (BORGOHAIN et al., 1983) e dos níveis de testosterona (ELOY; SANTA ROSA, 1994). De La Vega et al. (2001) avaliando caprinos crioulos da Província de Tucumán, Argentina, observaram uma correlação positiva entre o perímetro escrotal e o número total de espermatozóides produzidos.

Em ovinos, a CE apresenta correlação positiva com a produção espermática (YARNEY et al., 1990), com as características de aspecto, concentração e turbilhonamento do sêmen (SOUSA; COSTA, 1992), com o diâmetro dos túbulos seminíferos, o peso do epidídimo e o peso peniano (OSINOWO et al., 1992), o comprimento e a largura testicular (SOUSA; COSTA, 1992; MOURA et al., 1999), o peso das glândulas vesiculares (OSINOWO et al., 1992) e a capacidade de serviço, como também o desenvolvimento sexual (YARNEY et al., 1990). Todos estes estudos em ovinos confirmam que a circunferência escrotal é influenciada pela raça (genótipo), idade, peso corporal, manejo alimentar, bem como, outras variáveis relacionadas a fatores ambientais (MONTEIRO, 2007).

Freitas e Nunes (1992) observaram diferenças para o valor do perímetro escrotal em ovinos deslanados criados no Nordeste brasileiro, entre as épocas seca e chuvosa, com os maiores valores na estação seca. Gastel et al. (1995) estudando a variação estacional em machos da raça Corriedale, no Uruguai, encontraram diferenças de perímetro escrotal entre as estações do ano, diferindo no outono e verão dos valores do inverno e primavera sendo no verão maior que no inverno. Yarney e Sanford (1993), focando o desenvolvimento sexual na raça Suffolk, constataram um crescimento linear da CE, confirmado também em ovinos deslanados que se estabiliza às 48 semanas (336 dias) de idade (SOUZA, 2003).

Esse aumento e diminuição no tamanho testicular são consequências de um fenômeno degenerativo que ocorre na espermatogênese e que, provavelmente, influencia na quantidade de espermatozóides liberados na luz dos túbulos seminíferos (HOCHEREAU de REVIERS et al., 1985).

O tamanho e a morfologia testiculares são dependentes de mecanismos genéticos e do efeito ambiental. Esses por sua vez, irão definir a morfologia do escroto como consequência da pressão exercida pelos testículos e por influência dos andrógenos, em ação combinada (NUNES et al., 1983). A mensuração da circunferência escrotal é uma avaliação essencial no exame de reprodutores (PAULA, 2008).

2.4.4 Efeitos do estresse térmico na reprodução de machos caprinos

O impacto do estresse térmico tem distribuição mundial, ocorrendo em regiões subtropicais e tropicais, as quais estão sujeitas a alta temperatura ambiente e a elevada umidade relativa do ar (VIANNA, 2002), que afeta negativamente a função do macho (MOURA et al., 2002) e limita a sua capacidade reprodutiva. No entanto, em latitudes médias e altas, o ambiente térmico não parece ser um regulador da atividade sexual no bode (LEBOEUF et al., 2003).

A susceptibilidade dos animais ao estresse térmico aumenta à medida que o binômio, umidade relativa do ar e temperatura ambiente, ultrapassam a zona de conforto térmico, dificultando assim, a dissipação de calor e, conseqüentemente, incrementando a temperatura corporal, com efeito negativo sobre o desempenho reprodutivo (CARVALHO et al., 1995).

No clima tropical do Nordeste do Brasil têm sido observadas variações significativas do perímetro escrotal e da qualidade espermática entre as estações seca e chuvosa. De acordo com Nunes (2001), a elevada temperatura ambiente da região afeta a qualidade seminal e, esse efeito deletério ocorre, principalmente, como resultado de um aumento na temperatura testicular, que provoca degenerações específicas, com o surgimento de alterações espermáticas, em momentos críticos e precisos do ciclo espermatogênico, mas caso ocorra por períodos prolongados pode levar a, processos degenerativos testiculares irreversíveis (VAN DEMARK; FREE, 1970). É sabido que a elevação da temperatura ambiente altera o mecanismo de termorregulação testicular, acarretando degeneração que é a causa principal de subfertilidade e infertilidade em reprodutores (GABALDI; WOLF, 2002), por alteração da espermatogênese e esteroidogênese. A degeneração testicular caracteriza-se por distúrbios ou parada da espermiogênese devido à atrofia do epitélio seminal. Assim, o animal que apresentava fertilidade normal, mostra uma queda em sua capacidade reprodutiva, podendo mesmo chegar à esterilidade (COSTA, 2007).

É fato que em regiões tropicais, os animais sofrem efeito do estresse térmico sobre a função reprodutiva. No entanto, em animais criados extensivamente estes efeitos podem ser confundidos com a variação da disponibilidade quantitativa e qualitativa do alimento, caracterizando o estresse nutricional, que aliado ao estresse térmico determinam efeitos drásticos sobre a reprodução.

Vários estudos foram realizados para determinar os efeitos da elevação de temperatura ambiente na qualidade do sêmen. Os resultados encontrados foram sempre similares, comprovando que o aumento de temperatura ambiente possui um efeito deletério na espermatogênese (BARROS et al., 2009), causa degeneração nas células germinativas meióticas dos túbulos seminíferos, influencia na estrutura do DNA do espermatozóide, no volume total, na concentração, na motilidade espermática (MOREIRA et al., 2001), aumenta o número de alterações espermáticas, (SETCHELL, 1998), diminui a libido (RHINES; EWING, 1973) e, os testículos perdem peso (MOREIRA et al., 2001). Este efeito é agravado, quando acompanhado com grande umidade do ar, resultando no declínio da fertilidade do macho (MARAI et al., 2008), sendo que o grau desses defeitos é proporcional ao tempo de exposição e a intensidade da temperatura ambiente (SETCHELL, 1998; SANTOS; SIMPLÍCIO, 2000).

Embora o estresse térmico possa afetar negativamente várias características do ejaculado, o principal indício de diminuição da qualidade espermática tem sido a incidência de espermatozoides morfollogicamente anormais, predominando os defeitos de gota citoplasmática proximal, de cauda enrolada e de cabeça decapitada (NUNES, 1988; SANTOS; SIMPLÍCIO, 2000; CAVALCANTE, 2003; CHEMINEAU et al., 2004; COELHO et al., 2006). Moreira et al. (2001) consideram ainda que, a motilidade espermática e a porcentagem de defeitos menores apresentam maior sensibilidade ao estresse térmico e as alterações nestes parâmetros podem surgir antes mesmo de serem detectadas alterações significativas na biometria testicular. Considerando que, a duração e a intensidade da exposição ao estresse térmico, determinam o retorno a uma qualidade normal do sêmen, em torno de 40 a 60 dias (CHEMINEAU et al., 2004).

Os defeitos menores são as anomalias espermáticas não ligadas diretamente a processos patológicos dos testículos (RAO, 1971; MIES FILHO, 1987). Segundo Blom (1973) são: cabeça delgada, pequena, larga, gigante e curta, cabeças isoladas normais, destacamento de acrossoma, abaxial, gota distal, cauda dobrada e enrolada. Ainda é incluída a presença de medusas, células epiteliais, leucócitos, eritrócitos, neutrófilos e bactérias. Parte destes defeitos (gotas distais, cabeças decapitadas e cauda dobrada) são adquiridos durante a passagem pelo ducto deferente ou, durante a ejaculação e, apresentados por reprodutores com fertilidade normal (DERIVEAUX, 1967).

O estresse térmico interfere no desempenho reprodutivo dos animais, através do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal. No hipotálamo, inibe a secreção do

hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), na hipófise anterior interfere com a liberação do hormônio folículo estimulante (FSH) e do hormônio luteinizante (LH) e nas gônadas altera o efeito estimulante das gonadotrofinas na secreção de esteróides sexuais (RIVER; RIVEST, 1991). Consequentemente a eficiência reprodutiva do macho fica prejudicada (NUNES et al., 1997; OLIVEIRA; LIMA, 1994), uma vez que a espermatogênese está sob o controle do sistema neuroendócrino e sofre influência direta da termorregulação escroto-testicular (COUROT; ORTAVANT, 1981).

Logo, a exposição ao estresse térmico evoca uma série de drásticas mudanças nas "funções biológicas" dos animais (SANTOS et al., 2005) com alterações que resultam na depressão na reprodução incluindo o declínio da qualidade seminal e fertilidade do macho (NUNES et al., 1988; NUNES et al., 1997; MACHADO et al., 2000; CHEMINEAU, 2004; SILVA et al., 2005; COELHO et al., 2006). Tais fenômenos exigem a prática da reprodução, durante os meses do ano com temperatura ambiente mais amena, ou mesmo, manter ações na reprodução, especialmente durante as fases estressantes com melhores condições no âmbito dos sistemas de produção intensiva ou oferecimento de água á vontade e sombra ou abrigos, como uma medida concreta, no âmbito das condições extensivas, nas regiões de clima quente. É útil aplicar algumas práticas de gestão para melhorar o funcionamento do ambiente e ajudar na dissipação do calor, bem como, a aplicação de algumas técnicas nutricionais que reduzam a produção de calor pelo animal, e assim, diminuir os efeitos causados pelo estresse térmico (MARAI et al., 2008).

2.4.5. Influência do clima tropical na termorregulação testicular

Para um funcionamento eficaz na produção de espermatozóides os testículos dos mamíferos devem ser mantidos em temperatura inferior a corporal. O aumento da temperatura testicular propicia a degeneração seminal e está correlacionada com a redução de fertilidade do macho, causando alterações na síntese de proteínas e expressão de genes nas células germinativas e células de Sertoli (RODRIGUES, 2004).

A termorregulação testicular é controlada pelo escroto, músculo cremáster externo e a túnica dartos, os quais promovem o afastamento dos testículos da cavidade abdominal em ambientes quentes (HAFEZ; HAFEZ, 2004). Outra importante estrutura que auxilia na termorregulação é o plexo pampiniforme que por um entrelaçado sistema vascular (veias e artérias), localizadas na região da cabeça do epidídimo, possibilita a

manutenção da temperatura testicular 2 a 6°C abaixo da temperatura corporal (ROBERTSHAW, 1980), situação ideal para que a produção de espermatozoides (espermatogênese) e de testosterona (esteroidogênese) não sejam prejudicadas (COLAS, 1980).

A termorregulação testículo-escrotal é um fenômeno complexo, com vários mecanismos locais desempenhando importantes funções (MALONEY; MITCHELL 1996). O cone vascular, formado pelas veias do plexo pampiniforme circundando a artéria testicular, permite a troca contracorrente de calor (MOULE; WAITES, 1963) com a regulação do fluxo sanguíneo e a perda de calor por irradiação. O escroto penduloso do caprino aumenta a área de superfície, facilitando a exposição do cone vascular ao meio ambiente e permitindo que os testículos fiquem distantes do corpo. A pele escrotal é fina, pobre em gordura subcutânea com o sistema sanguíneo e linfático, bem desenvolvidos, facilitando a perda térmica por irradiação e evaporação (KASTELIC; COULTER, 1993). A grande quantidade de glândulas sudoríparas (WAITES; VOGLMAYR, 1963) permite que por sudorese haja uma importante perda de calor pelo escroto. O músculo cremáster e a túnica dartus, cuja ação é comandada por nervos simpáticos lombares, relaxam afastando os testículos da área inguino-abdominal (MARAI et al., 2006), em resposta a elevada temperatura ambiente, preservando o gradiente de temperatura (BLANCHARD et al., 1992).

O escroto é termorreceptivo, fortemente integrado aos sinais de temperatura ambiente com sua contribuição ponderada, para a termorregulação de todo o corpo (MALONEY; MITCHELL 1996). O aquecimento, somente do escroto, leva à inibição da produção de calor e/ou ao estímulo de perda de calor, resultando em reduções na temperatura corporal de até 2°C (WAITES, 1961; WAITES; VOGLMAYR, 1962; INGRAM; WHITTOW, 1962). Por outro lado, as glândulas sudoríparas no escroto, aumentam sua atividade em até dez vezes por hora quando a temperatura escrotal está acima 35-37°C, resultando em reduções de temperatura escrotal de até 1-5°C (WAITES; MOULE, 1961).

A temperatura escrotal é regulada independente da temperatura corporal e, é realizada como resultado de um circuito de feedback, envolvendo termorreceptores e efetores escrotais que estão relacionados com a túnica dartos, o músculo cremáster e a atividade das glândulas sudoríparas. Entretanto, estes locais de circuito não são afetados por ajustes para o grande sistema termorregulatório de controle durante a hipertermia. O efeito ou mecanismos são considerados insuficientes para manter temperatura escrotal,

quando expostos a temperatura ambiente extremamente elevada (MALONEY; MITCHELL, 1996).

Para o controle da termorregulação testicular são requeridos além dos termorreceptores escrotais, os mecanismos efetores do escroto. Está bem estabelecido que a pele escrotal contenha termorreceptores (HELLON; TAYLOR, 1982). Mas, não parece haver investigação se os tecidos mais profundos no escroto, ou nos testículos, são igualmente termorreceptivos (MARAI et al., 2006). Dada a grande influência que a temperatura ambiente tem sobre termorreceptores periféricos, sendo que o tecido mais profundo é que está em risco de lesão térmica, que é provável que existam termorreceptores mais profundos no escroto, e que a termorrecepção escrotal dependa tanto de receptores superficiais quanto de profundos (MARAI et al., 2008).

A conformação escrotal e a temperatura ambiente exercem considerável influência sobre a temperatura testicular. Segundo Robertshaw (1982), em regiões áridas e semi-áridas do Leste da África, são encontrados, caprinos que apresentam uma divisão no escroto. Esta característica foi observada, com grande frequência, em caprinos criados na região Nordeste do Brasil sendo denominada por Nunes et al. (1984) como “bolsa escrotal bipartida”. Essa característica amplia consideravelmente a superfície de cada testículo exposta à temperatura ambiente, propiciando melhor dissipação de calor, possibilitando um aumento nos parâmetros biométricos do testículo, na qualidade espermática e na eficiência reprodutiva desses animais em relação aos que não possuem essa característica (NUNES et al., 1983; SILVA et al., 1986; ALMEIDA, 2003). Tal característica parece fazer parte de uma adaptação, para controlar melhor a termorregulação testicular (ROBERTSHAW, 1982).

Segundo Machado Júnior (2006), tal fato foi comprovado em pesquisa realizada com caprinos, que apresentavam escroto simples ou bipartido, verificando diferença entre a temperatura testicular nos dois grupos, principalmente no período do ano de maior temperatura ambiente, que foi significativamente menor no grupo que apresentava bipartição escrotal. Foi notado, ainda, que a temperatura na região distal do testículo no grupo com escroto bipartido foi inferior a do grupo com escroto simples, podendo estar relacionado com uma maior superfície de pele em contato com o ambiente nos animais com escroto bipartido, o que proporcionou um melhor resfriamento dos testículos (LIMA JÚNIOR et al., 1995).

2.5 PARÂMETROS HORMONAIS

2.5.1 Testosterona (T)

A testosterona é o hormônio reprodutivo de maior predominância no macho e suas funções estão relacionadas com as manifestações da libido, o início da espermatogênese, a atividade secretora dos órgãos acessórios e as características sexuais secundárias (O'DONNELL et al., 2001). Regulando várias funções neuroendócrinas e comportamentais.

Aproximadamente, 95% da testosterona circulante no sangue têm origem testicular, o restante é liberado pela produção adrenal com a conversão periférica de androstenediona (DADOUNE; DEMOULIN, 1993). A testosterona atua por meio dos receptores de andrógenos na sua forma original ou, na forma de dihidrotestosterona, que é considerada 2-3 vezes mais potente do que a testosterona (OGAWA et al., 2005).

Os modelos secretórios de testosterona em carneiros diferem durante as estações reprodutiva e não-reprodutiva, e a atividade de monta está associada com frequência aumentada dos picos deste hormônio (STELMASIAK, 1979), cuja liberação varia em função do momento do dia. Souza et al. (2006), não encontraram variação em 24 horas com intervalos de duas horas, na concentração sanguínea de T em carneiros, não sendo evidenciado, portanto, um ritmo circadiano de secreção e liberação, como observado também por Wilson e Lapwood (1978) e D'Occhio e Brooks (1983) que não encontraram tal ritmo. Ortavant et al. (1982) afirmaram que a liberação dos andrógenos varia em função do momento do dia, com uma fase noturna de alta atividade e outra, logo após a aurora, de baixa atividade. Segundo Darbeida e Brudieux (1980), a secreção ocorre em pulsos.

Entretanto, para McDonald e Pineda (1989) as concentrações de esteróides são altamente variáveis entre indivíduos e momentos, na dependência de vários fatores como a taxa de secreção, a liberação, o perfil metabólico, a idade, a frequência e as condições da amostragem e do ensaio. Segundo Roselli et al. (2002), as variações na testosterona podem resultar mais nas diferenças da receptividade funcional do testículo ao LH, do que na sensibilidade do eixo hipotalâmico-hipofisário, assim como, no metabolismo periférico deste hormônio (SOUZA et al., 2006).

Por outro lado, Eloy et al. (2007) verificaram em bodes da raça Moxotó, a amplitude e a frequência dos picos de testosterona entre os turnos do dia e, observaram um aumento entre 04:00 e 15:20 h, e início do declínio às 16:00 h, com os valores basais observados entre 16:00 e 03:20 h. Portanto, um específico ritmo diário foi observado, sugerindo uma relação do eixo hipotálamo/hipófise/gônadas com o ambiente externo na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Em função da maior secreção de testosterona ocorrer durante o turno da manhã, é possível que neste turno, em geral, seja o momento ideal para realizar atividades relacionadas ao manejo animal, especialmente aquelas que dizem respeito à reprodução na espécie caprina. Sugerindo também, que o ritmo circadiano de cada espécie deva ser levado em consideração nas tomadas de atitude, quanto ao manejo ideal a ser implantado num sistema de produção.

2.5.1.1 Regulação da secreção de testosterona

O hormônio folículo estimulante (FSH) incita a produção de uma proteína ligante de andrógeno (*Androgen Binding Protein*) pelas células de Sertoli. Essa proteína, secretada dentro da luz do túbulo seminífero, ajuda a manter um alto nível de andrógenos dentro do referido túbulo (HAFEZ, 1995). Testosterona e FSH agem através das células dos túbulos seminíferos para estimular a espermatogênese. Altas concentrações de testosterona em fluidos que envolvem os túbulos seminíferos (100-300 vezes maior do que no plasma periférico) são aparentemente essenciais para uma espermatogênese normal (BEARDEN; FUQUAY, 1992). O hormônio luteinizante (LH) conduz a produção de testosterona pela ligação aos receptores de membrana das células de Leydig. No animal adulto, a liberação de LH comumente é seguida por uma elevação de testosterona no soro sanguíneo (AMANN; SCHANBACHER, 1983). A concentração periférica abundante de testosterona regula a forma de secreção do LH (FORD; SCHANBACHER, 1977) já que, a testosterona exerce um feedback negativo sobre o hipotálamo e a hipófise anterior. Portanto, altas concentrações de testosterona inibem sua liberação no nível do hipotálamo (GnRH) e hipófise (FSH e LH), enquanto que, baixas concentrações permitem sua liberação (BEARDEN; FUQUAY, 1992).

As células de Leydig são células poliédricas grandes, que se encontra em conjuntos e em contato íntimo com os capilares linfáticos e sanguíneos, no compartimento intersticial dos testículos (SETCHELL, 1980) com a principal função de

produzir a testosterona, controlada pelo LH, sendo a produção do esteróide correlacionada com a quantidade de retículo endoplasmático liso nas células de Leydig (ZIRKIN et al., 1980). Aumentos na secreção de LH são seguidos, dentro de 30-60 minutos, por níveis aumentados de testosterona produzida pelas células de Leydig, que se desloca para dentro do túbulo seminífero por difusão simples ou facilitada e que, que duram de uma há várias horas (AMANN; SCHANBACHER, 1983). O LH liga-se especialmente às membranas das células de Leydig e ativa a adenosina-monofosfato cíclica (HUHTANIEMI; TOPPARI, 1995). Este processo dá início à ativação das proteínas kinases que catalisam a fosforilação das proteínas intracelulares e a mobilização dos precursores dos esteróides, principalmente através da conversão do colesterol a pregnenolona.

O LH também tem efeito tópico sobre as células de Leydig, estimulando-as a se hipertrofiarem. A remoção do LH cessa a produção de testosterona e leva a uma grande redução no tamanho das células de Leydig (DADOUNE; DEMOULIN, 1993).

A secreção do LH é controlada pela liberação episódica do GnRH. O número de liberações episódicas do LH varia de 4-5 horas. O padrão de liberação episódica mínima é essencial. Um sensível sistema de feedback negativo opera entre a secreção de LH e testosterona. A inibição por feedback negativo na liberação de GnRH pela testosterona e seus metabólicos androgênicos e estrogênicos é seguida por um consequente declínio na síntese de testosterona. Em condições fisiológicas, os andrógenos e estrógenos aumentam a síntese de FSH e LH e reduzem a sua liberação pelo GnRH (DADOUNE; DEMOULIN, 1993).

Estudos indicam que o estradiol tem papel importante na função testicular de adultos, Akingbemi et al. (2003) verificaram que o anti-estrógeno *ICI 182,780* inibiu *in vitro* as células de Leydig de produzir testosterona. Segundo Hess (2003), o mais interessante foi à descoberta de que, a aromatase citocromo P450, que é capaz de converter andrógenos em estrógenos, está presente nos testículos (VAN DER MOLEN et al., 1981). Nos testículos de adultos, as células de Leydig expressam aromatase (P450arom) e ativamente sintetizam o estradiol em uma taxa muito maior do que a verificada na célula de Sertoli dos machos adultos (HESS et al., 2001). Entretanto, a testosterona também é convertida em estradiol pelas células de Sertoli. Assim, a testosterona e o estradiol produzidos pelas células de Leydig entram na circulação periférica. Estes esteróides no sangue alcançam o hipotálamo e a hipófise e, exercem um efeito negativo na produção de LH e das gonadotrofinas (AMANN;

SCHANBACHER, 1983). Consequentemente, a altas concentrações séricas de testosterona e estradiol resultam na supressão do Gn-RH e LH (COELHO, 2007).

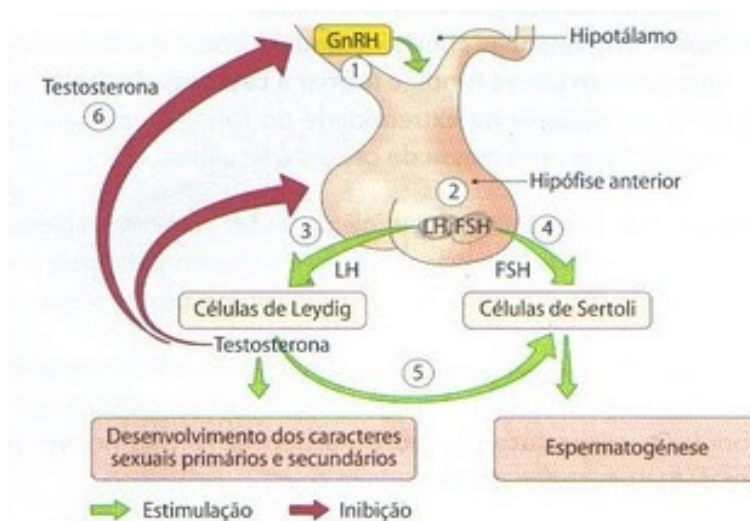


Figura 4. Regulação da testosterona eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (Disponível em: <http://blogdebiologia.files.wordpress.com/2009/10/hormonas-homem2.jpg>)

2.5.1.2 Biossíntese da testosterona

A primeira etapa da esteroidogênese adrenal e gonadal caracterizam-se pela transferência do colesterol de fora para dentro da membrana mitocondrial e é mediada pela proteína, StAR (*Steroidogenic Acute Regulatory Protein*).

Dentro da mitocôndria, a metabolização do colesterol em pregnenolona envolve três reações distintas: 20 α -hidroxilação, 22-hidroxilação e quebra da cadeia lateral do colesterol que são mediadas pela enzima citocromo P450_{scc} (*side chain cleavage*), localizada dentro da membrana mitocondrial. A pregnenolona formada deixa a mitocôndria e é desidrogenada na posição 3- β pela enzima 3 β -hidroxiesteróide dehidrogenase.

Além da pregnenolona, essa enzima regula a conversão de todos os outros D⁵-3 β -hidroxiesteróides (17-OH pregnenolona, dehidroepiandrosterona e androstenediol) nos correspondentes D⁴-3 β -cetoesteróides (progesterona, 17-OH progesterona, androstenediona e testosterona). O gene 3 β -HSD codifica a síntese de duas isoenzimas 3 β -hidroxiesteróide dehidrogenase (tipo 1 e tipo 2).

A pregnenolona e a progesterona são hidroxiladas na posição 17-alfa por outra enzima P450 específica (P450c17) localizada no retículo endoplasmático, formando a 17-hidroxipregnenolona e a 17-hidroxiprogesterona, respectivamente. Esta mesma enzima tem como atividade adicional clivar a ponte de carbono, convertendo a 17-hidroxipregnenolona em dehidroepiandrosterona e a 17-hidroxiprogesterona em androstenediona.

A 17-cetoreductase, uma enzima do retículo endoplasmático que não é um citocromo P450, reduz a dehidroepiandrosterona em androstenediol e a androstenediona em testosterona, que pode ser convertida em estrógeno pela ação do P450 aromatase, outra enzima encontrada no retículo endoplasmático (DOMENICE et al., 2002).

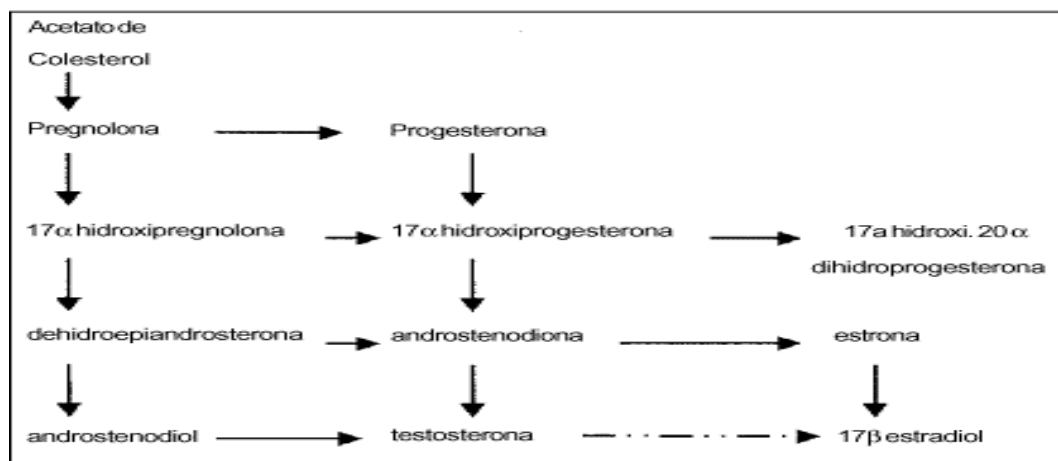


Figura 5. Biossíntese da testosterona a partir do colesterol nas células de Leydig (Adaptado de GEBARA et al., 2002)

2.5.1.3 Influência do estresse térmico sobre os níveis de testosterona

Segundo Coelho et al. (2008), discrepâncias na literatura, com relação às alterações dos hormônios reprodutivos no macho em função do estresse térmico, têm sido relatadas. Embora existam evidências de que há declínio dos níveis plasmáticos de testosterona em coelhos (MARAI et al., 2002), estudo realizado com touros tem demonstrado que o estresse calórico não exerce qualquer efeito deletério sobre as concentrações sanguíneas de testosterona (MINTON et al., 1981; KRAEMER, 2000).

Os resultados de Coelho et al. (2008) mostram que bodes submetidos ao estresse térmico não tiveram variação na concentração de testosterona, entretanto, houve discreta variação dos níveis plasmáticos em função da raça. Os machos da raça Saanen

apresentaram médias mais elevadas de 1,96 ng/ml, que os machos da raça Alpina de 1,20 ng/ml.

No entanto, estudos têm demonstrado haver uma redução transitória da concentração sangüínea de testosterona em carneiros (GOMES et al., 1971), em touros (RHYNES; EWING, 1973) e em cachacos (WETTEMANN; DESJARDINS, 1979). Embora existam evidências de que a resposta testicular ao estresse térmico seja variável conforme a espécie, raça, linhagem e indivíduo (BRITO et al., 2004; SETCHELL, 2006), esse parâmetro não deve ser utilizado como indicativo de uma resposta fisiológica associada ao estresse térmico, visto que machos cujas características quantiquantitativas do ejaculado foram afetadas negativamente pela elevação da temperatura não apresentaram qualquer alteração hormonal (MINTON et al., 1981, COELHO et al., 2008).

A diminuição dos níveis sanguíneos de androgênios testiculares durante o estresse térmico é provavelmente, uma consequência direta da redução da síntese de andrógenos nos testículos, causada por glicocorticóides e pelo hormônio adrenocorticotrófico (CHICHINADZE; CHICHINADZE, 2008), pois experimentos confirmam que um alto nível de glicocorticóides é combinado com um baixo nível de T (FENSKE, 1997).

Sabe-se que o estresse crônico, diminui o nível de T no sangue e suprime a esteroidogênese nos testículos (KNOL, 1991). Glicocorticóides desempenham um papel importante nesses processos, em especial a inibição da concentração no sangue de T (HARDY et al., 2005, DONG et al., 2004, SIDIBE, et al., 1992, CONSTEN et al., 2001, GAO et al., 2002) pela secreção do cortisol.

2.5.2 Hormônios da tireóide

2.5.2.1 Efeito dos hormônios da tireóide sobre os animais

Os hormônios tireoideanos são necessários para a diferenciação, crescimento e metabolismo de diversos tecidos de vertebrados (BARRA et al., 2004). A adequada função da glândula tireóide e a atividade dos hormônios da tireóide são consideradas cruciais, para sustentar o desempenho produtivo nos animais domésticos e a circulação dos hormônios da tireóide pode ser considerada como indicador do estado

metabólico e nutricional dos animais (RIIS; MADSEN, 1985; TODINI et al., 2007). O aporte de iodo (I) na dieta é fundamental para o normal funcionamento da glândula tireóide, porquanto é essencial para a formação da tiroxina e da triiodotironina, comumente denominados T4 e T3, os dois hormônios tireoideanos mais importantes para a manutenção do metabolismo normal em todas as células (BERNADÁ, 2004).

Pode-se dizer que os hormônios da tireóide agem em todos os tecidos do corpo. O principal efeito é o de aumentar as atividades metabólicas da maioria dos tecidos, aumentando a taxa de processos vitais tais como, o consumo de O₂ e a produção de calor em cada célula do corpo. Os efeitos globais são: o aumento da taxa de metabolismo basal, tornando mais glicose disponível para as células, estimulando a síntese de proteínas, aumentando o metabolismo lipídico e estimulando as funções cardíacas e neurais (TODINI, 2007). Peculiares ações consistem na diferenciação de células e tecidos. Os hormônios da tireóide são os principais estimuladores da glândula endócrina na termogênese facultativa ou da "adaptação", na regulação da temperatura corporal (SILVA, 2005). A maioria das ações fisiológicas dos hormônios da tireóide é mediada pela ligação aos receptores nucleares. Recentemente, vários transportadores de membrana para a entrada celular foram identificados e são agora considerados os fatores que a atividade biológica dos hormônios da tireóide pode depender (FRIESEMA et al., 2005), como é o caso de alguns hormônios esteróides. As ações dos hormônios da tireóide são rápidas e não genômica (DAVIS et al., 2002) devido a ações na mitocôndria e membrana celular.

A ausência completa da secreção da tireóide provoca uma queda na taxa metabólica basal de 30-40%. Por outro lado, a hipersecreção tireoideana provoca um aumento na taxa metabólica basal de 60-100%, com aumento do calor corporal. Sobre o sistema cardiovascular há o aumento do fluxo sanguíneo e aumento da frequência cardíaca. Já no aparelho respiratório o T3 e o T4 induzem o aumento da frequência respiratória (GRECO; STABENFELD, 1999).

Sobre as glândulas endócrinas os hormônios da tireóide agem aumentando a secreção da maioria das glândulas, como também há um aumento das necessidades de hormônios pelos tecidos. Estes hormônios parecem atuar indiretamente, promovendo incrementos gerais na taxa metabólica através do aumento dos efeitos provocados por outros hormônios (VELÁSQUEZ, 1997).

A glândula tireóide influencia na esfera reprodutiva. Sempre que ocorre deficiência da secreção tireoideana, diminui a potência das gonadotrofinas hipofisárias.

O mecanismo hipotalâmico atua na regulação secretora da tireóide quando as condições do ambiente se modificam. Assim, o calor deprime e o frio estimula a atividade da glândula (MIES FILHO, 1987). Sobre a função sexual os hormônios da tireóide podem causar impotência sexual, por excesso hormonal ou, perda total da libido e deterioração na qualidade do sêmen de touros, carneiros e garanhões (BERNADÁ, 2004) por deficiência hormonal.

A glândula tireóide é um dos órgãos mais sensíveis à variação do calor ambiente e, seus hormônios são importantes moduladores para o desenvolvimento de processos e metabolismo geral (RASOOLI et al., 2004, HELAL et al., 2010). Variações estacionais na concentração sérica da tiroxina (T4) e da triiodotironina (T3) de caprinos tem sido reportada (PRAKASH; RATHORE, 1991; KATARIA et al., 1993).

A triiodotironina e a tiroxina possuem um importante papel na estacionalidade reprodutiva dos mamíferos, porquanto a secreção da tireóide é necessária para a manutenção do ritmo reprodutivo endógeno (BILLINGS et al., 2002). Parkinson e Follett, (1994) observaram que, em carneiros tireoidectomizados, os ciclos sazonais da secreção de gonadotrofinas são abolidos e, o tamanho testicular é reduzido. E segundo Todini, (2007), o substrato anatômico para a ação dos hormônios da tireóide na reprodução sazonal pode ser fornecido pelo achado de receptores de T3 e T4 em GnRH e outros neurônios contendo neurotransmissores. Recentemente, verificou-se que o fotoperíodo regula a expressão do gene da enzima deiodinase tipo II no hipotálamo mediobasal de caprinos da raça Saanen, que vivem em clima temperado, portanto sazonalmente afeta a biodisponibilidade de T3 e T4, para o eixo reprodutivo neuroendócrino (YASUO et al., 2006).

O T4 assegura cerca de 2/3 da ação metabólica, enquanto que o restante 1/3 é exercido pelo T3. O ritmo da secreção tireoideana é controlada por um mecanismo específico de *feedback*, que envolve o hipotálamo e a adenohipófise. Assim, a secreção e liberação de T4 pela tireóide são reguladas através da hipófise via TSH (BARRA et al., 2004).

2.5.2.2 Fatores reguladores da secreção de T3 e T4

A função da glândula tireóide é regulada por um sistema de retroalimentação negativa em que um neuropeptídeo sintetizado no núcleo paraventricular do hipotálamo, o hormônio liberador de tireotropina (TRH), através do

sistema porta-hipotalâmico-hipofisário, alcança as células tireotróficas da hipófise anterior, liga-se aos receptores específicos e induz a síntese e secreção de tireotropina ou hormônio tireoestimulante (TSH). Este último interage com receptores localizados nas membranas das células foliculares da tireóide e ativa a expressão de proteínas envolvidas na biossíntese hormonal (TODINI, 2007). Ocorre o aumento da atividade das células foliculares e estímulo à secreção dos hormônios tireoidianos que agem retroativamente deprimindo a hipófise e o hipotálamo, para manter a homeostase hormonal (MOURA; MOURA, 2004). Porém, a secreção de TSH não é o único mecanismo que controla a glândula, uma vez que a atividade dos hormônios tireoidianos na célula, os fatores de ligação celular, outros hormônios, neurotransmissores e fatores metabólicos, também participam do controle e da regulação da secreção de TSH (MASON; WILKISON, 1973; GRAF; CARVALHO, 2002; MOURA; MOURA, 2004).

Quando há uma concentração excessiva dos hormônios da tireóide nos líquidos corporais, verifica-se uma diminuição na secreção de TSH pela adenohipófise (*feedback* negativo). É provável que o excesso de T₄ iniba a secreção de TSH pela adenohipófise, por efeito direto sobre a própria adenohipófise (diminuindo a secreção de TSH) ou, por efeito indireto sobre o hipotálamo (diminuindo a secreção de TRF, o que, por sua vez, diminui a secreção de TSH) (TODINI, 2007).

Esses hormônios são diferentes dos produzidos pela maioria das glândulas endócrinas, pois não possuem função altamente localizada (BIANCO, 2002) sendo que, a maior parte dos tecidos possui receptores para os hormônios tireoideanos (GUYTON; HALL, 2002).

2.5.2.3 Síntese e secreção do T₃ e T₄

Duas moléculas são importantes para a biossíntese dos hormônios da tireóide: o mineral iodo e o aminoácido tirosina. Em ruminantes, 70 a 90% do iodo proveniente da dieta são absorvidos no rúmen, retículo e omaso sob a forma salina. Uma quantidade significativa é excretada principalmente pelas fezes, urina e leite e em menor proporção pela saliva, lágrimas e suor (AUMONT et al., 1989).

No trato gastrointestinal o iodo é convertido em iodeto, transportado pela corrente sanguínea, captado por um transportador específico dependente de adenosina-trifosfato (ATP) localizado na membrana basal dos tireócitos, o co-transportador sódio-

iodeto, concentrado nos folículos da glândula tireóide. Na membrana apical das células foliculares, sob ação da enzima tireoperoxidase, o iodeto, em presença de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), é oxidado à forma reativa do iodo ou iodo atômico quando, cataliticamente, é incorporado em frações de segundos, às estruturas anelares das tirosinas que se encontram acopladas por ligações peptídicas à grande molécula de tireoglobulina presente no espaço luminal do folículo (GRECO; STABENFELDT, 1999; GUYTON; HALL, 2002; DOHAN et al., 2003; VAISMAN et al., 2004). Entre outros aminoácidos, cada molécula de tireoglobulina contém aproximadamente 110 resíduos de tirosina, mas somente alguns destes aminoácidos estão localizados em sítios acessíveis à ação enzimática para serem iodados e cada um pode receber, em seu anel benzênico, até duas moléculas de iodo (GRECO; STABENFELD, 1999). Normalmente pouco menos de 20% dos aminoácidos são iodados e, ainda assim, a tireóide armazena entre 59 e 65% do iodo corporal, como parte integrante de seus hormônios (COLODEL, 2005).

Quando apenas uma molécula de iodo se liga no carbono 3 do anel tirosil da tirosina, forma-se um composto denominado de 3-monoiodotirosina (MIT). Porém, se mais uma molécula de iodo se ligar ao anel tirosil, no carbono 5, ocorrerá a formação de um composto 3,5-diiodotirosina (DIT). As diiodotironinas foram consideradas metabólitos inativos, mas, recentemente, suas ações tiveram destaque termogênico (MORENO et al., 2002). O acoplamento de uma molécula de MIT com uma de DIT resultará em 3,5,3'-triiodotironina ou T3 e a condensação oxidativa de duas moléculas de DIT originará a 3,5,3'5'-tetraiodotironina denominada tiroxina ou T4 (GUYTON; HALL, 2002).

Portanto, na primeira fase da formação destes hormônios a bomba de iodeto consiste no transporte ativo dos iodetos das membranas celulares (das células glandulares) para o interior do folículo. As células da tireóide produzem e segregam para o interior do folículo a tireoglobulina, sendo que os aminoácidos de tirosina da molécula de tireoglobulina são os principais substratos que se combina com o iodo (iodetos convertidos por oxidação a iodo elementar), para formar os hormônios da tireóide. A iodação da tirosina vai formar monoiodotirosina e, seguidamente, diiodotirosina. Duas moléculas de diiodotirosina são então acopladas, formando uma molécula de tiroxina (COLODEL, 2005).

Como os hormônios tireoidianos são altamente lipossolúveis, atravessam livremente a membrana basal da célula folicular e atingem os capilares sanguíneos

(GRECO; STABENFELDT, 1999) na proporção de 20 moléculas de tiroxina por uma de triiodotironina.

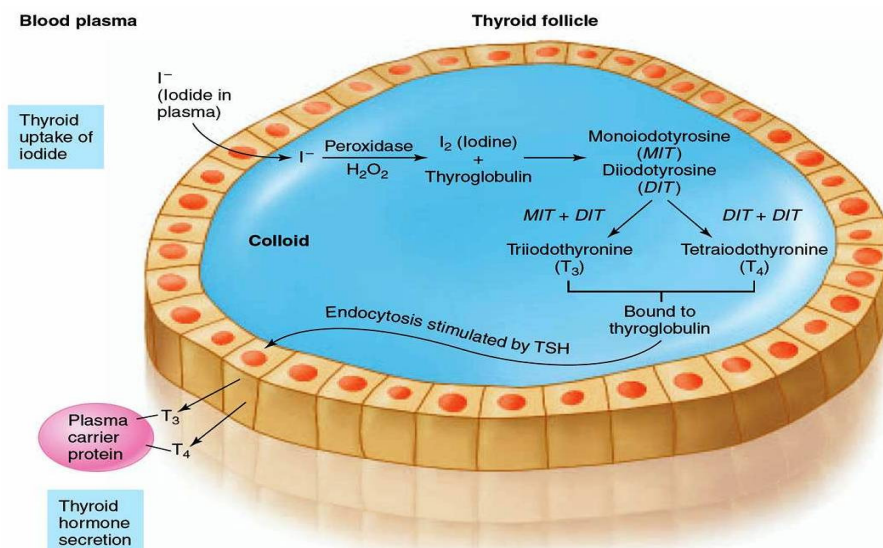


Figura 6. Produção e estocagem de hormônios da tireóide. Fonte: *"Human Physiology", Fox, 2004, 8th ed.* Disponível em: http://www.cristina.prof.ufsc.br/md_endocrino.htm 2007

Assim, a tireóide produz T₄ em maior quantidade e, as funções do T₄ e T₃ são qualitativamente as mesmas, diferindo pela rapidez e intensidade de ação. A glândula tireóide de ovinos adultos contém aproximadamente 90,4% de T₄ e 8,8% de T₃, sendo o T₄ 77% do produto de secreção (CHOPRA et al., 1975). O T₃ é cerca de quatro vezes mais potente do que o T₄, embora seja produzido em menor quantidade. Como tal, a sua concentração no sangue é menor do que a do T₄, persistindo por menos tempo. Segundo Stabenfeldt (1993) o T₄ apresenta maior meia-vida, de 6 a 7 dias, em relação ao T₃, que é apenas de 24 horas.

2.5.2.4 Transporte do T₃ e do T₄

Uma vez secretados, os hormônios tireoidianos T₃ e T₄ circulam na corrente sanguínea. Ambos os hormônios necessitam de proteínas plasmáticas transportadoras (CHOPRA et al., 1975), sintetizadas pelo fígado. Aproximadamente 80% do T₄ e 90% do T₃ se fixam à globulina fixadora de tiroxina (TBG), 15 a 20% de T₄ e menos de 5% de T₃ circulante estão ligados a transtirretina (TTR) ou pré-albumina fixadora de tiroxina (TBPA) e o restante, liga-se principalmente à albumina

(HIGHTOWER et al., 1969; LARSSON, et al., 1985; GRECO; STABENFELDT, 1999; GUYTON; HALL, 2002) e as lipoproteínas. Uma vez ligados às proteínas de fixação, os hormônios da tireóide apresentam distribuição regular nos tecidos-alvos, o que impede sua captação excessiva pelas primeiras células receptoras, logo após a secreção. Ligados, eles também são protegidos da degradação enzimática, mantendo um reservatório hormonal prontamente disponível, ao mesmo tempo em que são liberados de forma lenta para os tecidos, o que aumenta sua meia-vida. Mas, somente o hormônio livre é responsável pela atividade biológica e os hormônios ligados às proteínas têm como função um armazenamento prontamente utilizável, retardando os efeitos da diminuição da secreção da tireóide, bem como, um amortecedor contra aumentos repentinos na atividade secretora da glândula (BARTALENA, 1990).

Nos tecidos-alvos é a fração livre de T3 e T4 que, por difusão passiva e possivelmente por transporte ativo, atravessa a membrana plasmática provocando respostas biológicas. Apesar do T4 exercer ação intrínseca própria, ele é pouco ativo, pois exibe cerca de 10 a 20 vezes menos afinidade por receptores do que o T3. Por esta razão, o T4 é enzimaticamente desiodado na membrana celular dos tecidos periféricos, para produzir T3, que é o hormônio com maior atividade biológica (BRTKO et al., 1994; McNABB, 1995). Estas características fazem com que o T4 seja considerado um pró-hormônio, que além de ser metabolizado pela desiodação de seu anel fenólico externo (na posição 5') até T3, pode ser transformado em triiodotironina reversa (rT3) que é um produto inativo proveniente da desiodação do anel tiroxil interno (posição 5) de T4 (LARSEN et al., 1981, KÖHRLE, 1999). A função e regulação das diferentes atividades da enzima deiodinase são também um meio para permitir ao organismo de se adaptar a estados como, a deficiência de iodo (CHOPRA et al., 1985).

2.5.2.5 Efeito do estresse térmico sobre os níveis de T3

No que diz respeito aos efeitos do estresse térmico sobre os padrões hormonais, há muito vem sendo notado que a exposição à temperatura ambiente elevada causa alterações no equilíbrio hormonal de diversas espécies animais e, em particular, na atividade da glândula tireóide (BARBOSA et al., 1999). Quando se relaciona estresse térmico e metabolismo é extremamente importante estudar as variações nas concentrações dos hormônios tireoideanos.

De acordo com Coelho et al. (2008) os hormônios da tireóide são importantes por controlar a produção de calor em animais homeotérmicos. Yousef et al. (1967) observaram que o estresse causado pelo calor faz com que o organismo dos animais reduza a concentração dos hormônios tireoideanos, para que assim, diminua a taxa de calor metabólico.

Em caprinos, Coelho et al. (2008) relatam que o estresse térmico foi suficiente para provocar alterações nas concentrações plasmáticas de T3 nos machos da raça Saanen, mas não nos da raça Alpina, demonstrando que os machos Saanen são menos tolerantes à elevação da temperatura ambiente que os da raça Alpina.

Em ovinos, Nazki et al. (1986) estudando o efeito da sazonalidade nas concentrações de hormônios tireoideanos observou diferença significativa na concentração de T3 entre verão e inverno, 0,41 e 1,23 ng/ml respectivamente, e, de acordo com Thwaites (1970) o calor causa uma redução no peso das células epiteliais da tireóide, o que afeta a secreção dos hormônios dessa glândula no verão. Starling et al. (2005) encontraram uma correlação negativa entre os hormônios tireoideanos e a temperatura ambiente, além de concluir que, as maiores concentrações de T3 no inverno sugerem que, houve uma maior conversão de T4 em T3 e, indicam resposta fisiológica às menores temperaturas,

Segundo Teixeira et al. (2008) ocorre um decréscimo nas concentrações séricas de triiodotironina com o estresse térmico, afetadas pela elevada temperatura ambiente e também, pela estacionalidade reprodutiva. Além de concluir que, o tipo de resposta a cada indivíduo frente ao estresse depende, não somente da magnitude e frequência do evento estressor, mas também da união de fatores ambientais e genéticos. Mesmo as capacidades individuais de interpretar, avaliar e elaborar estratégias de enfrentamento parece ser geneticamente influenciado.

Ao nível do testículo caprino, o T3 induz a síntese de uma proteína solúvel em células de Leydig, que por sua vez estimula a liberação de andrógenos (JANA; BHATTACHARYA, 1994; JANA et al., 1996).

2.5.2.6 Efeito do estresse térmico sobre os níveis de T4

Os efeitos do estresse térmico sobre os padrões hormonais são percebidos na exposição à elevada temperatura ambiente, causando alterações no equilíbrio hormonal. A queda na secreção de tiroxina, sob exposição às altas temperaturas, relaciona-se com

a necessidade de diminuição da termogênese, como passo importante para a redução do estresse térmico. Conquanto, o nível de atividade da glândula tireóide está diretamente relacionado ao nível metabólico, e este com a termogênese (YOUSEF et al., 1967).

Coelho et al. (2008) trabalhando com machos da raça Saanen e Parda Alpina observaram que o estresse térmico não promoveu alterações nas secreções do T4. Em fêmeas caprinas foram obtidos resultados inversos, onde têm demonstrado a existência de relação inversa entre as concentrações de hormônios da tireóide e a temperatura ambiente (SANO et al., 1985). Entretanto, Berbegier e Cabello (1990) trabalhando com cabras gestantes da raça Dwarf e Uribe-Velásquez et al. (1998) que trabalharam com cabras adultas da raça Parda Alpina, ambos os experimentos as cabras foram submetidas ao estresse térmico; também não foram observadas quaisquer alterações nos perfis plasmáticos desse hormônio, decorrente do estresse térmico.

Em carneiros, Barbosa et al. (1999) encontraram uma influência acentuada na secreção dos hormônios da glândula tireóide com suas concentrações relacionadas à estação do ano, onde nos meses quentes a concentração foi menor, assim como a raça influenciou os níveis plasmáticos, constatando diferentes respostas dos animais, em função da maior ou da menor adaptabilidade às condições ambientais.

Starling et al. (2005) estudaram a variação dos hormônios tireoideanos em ovinos em ambiente tropical, constatando que, de modo geral, as temperaturas ambientes apresentaram correlações significativas e negativas com os hormônios tireoideanos, observando-se que, quanto maior a temperatura ambiente e mais alta a umidade do ar, menores as concentrações de T3 e T4.

2.5.3 Cortisol (C)

2.5.3.1 Efeitos do cortisol sobre os animais

O cortisol não pode ser visto apenas como um efeito negativo. Cortisol é essencial à vida e é responsável por vários processos, como também, funciona amplificando o efeito de outros hormônios no organismo. A liberação mínima de cortisol tem como objetivo manter a homeostase, conservando o equilíbrio interno do organismo, no entanto, essa secreção mínima varia de indivíduo para indivíduo.

Os animais reagem em diferentes situações de acordo com o seu temperamento (uma organização hormonal, nervosa e física), que pode ser definido como a percepção e reação a estímulos que se originam em situações de desconforto ou ameaça, tanto do ambiente como de manejo. O animal pode desencadear uma resposta emocional que se manifesta por mudanças comportamentais, provocando alterações fisiológicas, denominadas genericamente estresse (GRANDIN, 1997), liberando inicialmente adrenalina e noradrenalina e, posteriormente, glicocorticóides. Como as situações ameaçadoras requerem uma ação vigorosa, as respostas autonômicas e endócrinas ao estresse são catabólicas, isto é, elas ajudam a mobilizar reservas energéticas do organismo. A adrenalina afeta o metabolismo de glicose, tornando os estoques de nutrientes dos músculos disponíveis para o fornecimento de energia necessária. Juntamente com a noradrenalina, aumentam o fluxo sanguíneo para os músculos e com isso aumentam os batimentos cardíacos (CARLSON, 2002). O cortisol é antagonista fisiológico da insulina, promovendo a quebra de moléculas de carboidratos, lípidos e proteínas, para preservar a maior quantidade de calorias possível, atrasando o metabolismo.

Situações estressantes causam aumento nos níveis plasmáticos de glicocorticóides, principalmente o cortisol (VASQUEZ; HERRERA, 2003). Esta alteração do nível sérico de cortisol pode ser relacionada ao modelo de estresse desenvolvido por Moberg (2000) em que sugere uma resposta biológica à situação a partir de três fatores: reconhecimento de um estímulo estressante; defesa biológica contra o estímulo estressante; consequências biológicas da resposta ao estresse. O efeito do estresse começa com a percepção de uma ameaça potencial à homeostase pelo sistema nervoso central. Percebida a ameaça, o organismo desenvolve uma resposta biológica ou defesa, consistindo em uma combinação de quatro respostas gerais: resposta do comportamento, do sistema nervoso autônomo, do sistema neuroendócrino e imunológica.

Assim o princípio da resposta fisiológica ao estresse se manifesta, seguindo os principais gerais da fisiologia pela perda da homeostasia (CANNON; DE LA PAZ, 1911; CANNON, 1914; CANNON; LISSAK, 1914), onde o primeiro sinal da resposta biológica é comportamental diante do agente estressor, e em seguida o sistema nervoso autônomo responde frente a uma situação de perigo ou estresse, onde a descarga autonômica é controlada por centros medulares hipotalâmicos, do tronco cerebral ou mesmo por porções do córtex cerebral que ativam os centros inferiores. Diversas

alterações são então desencadeadas pela ativação da via simpática e consequente liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pela medula das glândulas adrenais, promovendo alterações vasculares, gastrintestinais com a diminuição do peristaltismo intestinal, elevação da pressão sanguínea, diminuição da excreção urinária, alterações da atividade pancreática e consequente elevação da glicemia. Estas coordenações nervosas sobre as diferentes funções fisiológicas não serão mantidas, contudo, o sistema endócrino interage com o sistema nervoso como uma retroalimentação ou ao estímulo inicial, com efeito fisiológico duradouro (GUYTON; HALL, 2002).

As glândulas adrenais estão intimamente relacionadas à chamada *Síndrome Geral de Adaptação*, a qual constitui o conjunto de reações inespecíficas, desencadeadas quando o organismo é solicitado a se adaptar a, algum estímulo ameaçador ou adverso (SELYE, 1936), que se desenvolveria em três estágios sucessivos. O primeiro estágio configura a “reação de alarme”, e representa a resposta inicial do organismo frente a qualquer ameaça. Este ocorreria quando o organismo não estivesse adaptado ao estímulo recebido. Em seguida, sendo mantido o estímulo, ocorreria a “fase de resistência”, caracterizada pela ativação de mecanismos adaptativos. Não ocorrendo adaptação, desenvolver-se-ia o “estágio de exaustão” onde o organismo estaria susceptível a distúrbios patológicos (VAN DE KAR et al., 1991).

2.5.3.2 Regulação da secreção de cortisol

A regulação se dá pelo ACTH. Inicialmente o núcleo paraventricular do hipotálamo secreta CRH (hormônio liberador de corticotrofina) que pelo sistema de vasos porta-hipotalâmicos-hipofisários atingem a eminência média e a adenohipófise atuando sobre os corticotrofos, para produzir ACTH (hormônio adrenocorticotrófico). O CRH funciona como um neurotransmissor ativando AMPc fazendo a liberação do ACTH. O ACTH por sua vez, atinge o córtex da supra-renal ativando novamente o sistema AMPc que forma os hormônios adrenocorticais (cortisol). Há ativação de uma proteína quinase A que converte colesterol em pregnenolona (etapa limitante da velocidade de síntese do cortisol). Qualquer tipo de estresse estimula o CRH devido a sua associação com o sistema límbico. O cortisol, por sua vez, possui efeitos diretos de feedback negativo sobre o hipotálamo inibindo a secreção do CRH, e sobre a adenohipófise inibindo a secreção do ACTH (AMARAL, 2008). Alguns pesquisadores

acreditam que este feedback normal possa ser prejudicado quando os animais são expostos a estresse crônico.

Característica da regulação da secreção de cortisol é a sua natureza pulsátil e seu padrão diurno, pois apresentam ritmo circadiano em sua liberação. As menores intensidades secretoras ocorrem durante as horas da noite, em torno da meia-noite. As maiores intensidades secretoras ocorrem pouco antes das 8h da manhã (que representa metade da secreção diária total do hormônio). O relógio interno pode ser alterado pela alternância do ciclo sono/vigília, provocadas pela luz/escuridão através da retina que envia essa informação para os núcleos supraquiasmáticos no hipotálamo. O padrão de secreção varia de indivíduo para indivíduo, mas tende a se manter constante para o mesmo indivíduo.

Relativamente aos fatores reguladores da secreção de cortisol, é importante referir que quase nenhum estímulo exerce efeito direto sobre as células adrenais, para controlar a secreção de cortisol. De fato, a secreção de glicocorticóides é controlada quase que inteiramente pela ACTH. Por sua vez a secreção de ACTH é controlada pela secreção do fator hipotalâmico de liberação da corticotrofina. Deste modo, quase todo o tipo de estresse pode provocar uma hipersecreção deste fator hipotalâmico, levando ao aumento de secreção de ACTH, o que, finalmente, aumenta a secreção adrenal de glicocorticóides (AMARAL, 2008).

As glândulas adrenais se localizam nos pólos superiores dos rins e, são compostas por duas regiões distintas: 1) a medula relacionada funcionalmente com o sistema nervoso simpático, secreta adrenalina e noradrenalina em resposta a uma estimulação, com o aumento da taxa de glicogenólise, do fluxo sanguíneo muscular, da frequência cardíaca, do volume sistólico, do volume de O₂, da constrição arteriolar e, conseqüentemente, da pressão arterial. 2) o córtex secreta os corticosteróides, a partir do colesterol, que por sua vez é sintetizado a partir da acetilCoA. Os hormônios adrenocorticais não causam os mesmos efeitos no organismo: os *mineralocorticóides* afetam especialmente os eletrólitos dos líquidos extracelulares (particularmente o Na⁺ e o K⁺); os *glicocorticóides* aumentam a concentração da glicose sanguínea e possuem efeitos adicionais, tanto no metabolismo das proteínas como no dos lipídios e, os *andrógenos* exercem no corpo os mesmos efeitos que a testosterona, mas são secretados em pequenas quantidades (GUYTON; HALL, 2002). O cortisol exerce aproximadamente 95% da atividade glicocorticóide. Encarnação (1997) cita que os principais glicocorticóides são o cortisol e a corticosterona.

2.5.3.3 Biossíntese da secreção do cortisol

Os hormônios corticóides são produzidos a partir do colesterol. Tal molécula circula no sangue por meio de vesículas de HDL e LDL, denominadas, respectivamente, lipoproteínas de alta e de baixa densidade. As segundas, em geral, são as mais importantes transportadoras de colesterol. A ligação com as células das glândulas adrenais se dá por meio de receptores de membrana específicos, com posterior endocitose das vesículas. Dentro da célula, os componentes vesiculares são digeridos por lisossomos, sendo o colesterol, então, liberado de sua ligação com os transportadores. A partir daí, tal molécula pode seguir dois caminhos dentro da célula: permanecer no interior dos vacúolos digestivos na forma esterificada, originada a partir de reação catalisada pela enzima colesterol éster sintetase, ou seguir a via biossintética dos hormônios corticóides. O colesterol pode ser sintetizado, também, a partir do Acetil-Coenzima A (Acetil-CoA). É importante salientar que, em condições basais, a principal fonte de colesterol para a síntese de hormônios corticosteróides são as vesículas de LDL e HDL. Por outro lado, quando há estímulo das vias metabólicas por ACTH, o colesterol esterificado armazenado é o precursor mais importante. Assim, por ação da enzima esterase do colesterol, os ésteres de colesterol são quebrados e o colesterol livre é, então, transportado por uma proteína específica para a membrana mitocondrial interna. Nesse ponto, o colesterol entra em contato com um grupo de enzimas denominado P-450, das quais a mais importante é a P-450_{scc}. Tais enzimas são oxigenases mistas, que catalisam hidroxilações esteroidais. A reação inicial que converte o colesterol em D5-pregnenolona é catalisada por uma enzima P-450_{scc} de clivagem de cadeia lateral, também conhecida como 20,22-desmolase. Esse complexo de membrana mitocondrial interna realiza sucessivas hidroxilações, seguidas de clivagem da cadeia lateral do colesterol. O conjunto inicial de reações é comum a todas as vias metabólicas de síntese de corticóides que ocorrem no córtex das adrenais. A partir daí, entretanto, as vias biossintéticas divergem para a formação de seus diversos produtos. Para formar o cortisol, após sair da mitocôndria, a pregnenolona é convertida a 11-desoxicortisol por passos sucessivos dentro do retículo endoplasmático. Tal molécula é, então, novamente transferida para a mitocôndria, sendo hidroxilada na posição 11 pela enzima 11-hidroxilase. O produto final, o cortisol, é rapidamente transportado para fora da célula, não sendo armazenado de forma significativa pela

do colesterol da membrana mitocondrial externa para interna. Essa proteína é chamada proteína regulatória aguda esteroidogênica (StaR). Foi demonstrado que o RNAm da StaR é expresso especificamente, no testículo e no ovário, locais onde a esteroidogênese é reconhecida. Esses dados bioquímicos e genéticos sugerem fortemente que a proteína StaR seja o fator protéico induzido por hormônio que é mediador da regulação aguda da biossíntese de hormônios esteróides (GUYTON; HALL, 2002).

O colesterol sofre clivagem da cadeia lateral para formar Δ^5 – pregnenolona liberando um aldeído, isocaproaldeído. Δ^5 – pregnenolona é indispensável na síntese de todos os hormônios esteróides. Pregnenolona é convertida diretamente em progesterona por duas enzimas citoplasmáticas, 3β -ol desidrogenase e $\Delta^{4,5}$ – isomerase. A desidrogenase converte o grupo 3-OH da pregnenolona em um grupo 3-ceto e a isomerase muda a dupla ligação do anel B para o anel A, produzindo progesterona. No corpo lúteo, a maior parte da síntese de esteróides pára nesse ponto. Progesterona é, então, convertida em aldosterona ou cortisol. A conversão de pregnenolona em aldosterona nas células da zona glomerulosa da adrenal, requer a 21-hidroxilase do retículo endoplasmático e as 11β -hidroxilase e 18-hidroxilase mitocondriais. Para formar cortisol, primariamente nas células da zona fasciculada da adrenal, 17-hidroxilase e 21-hidroxilase do retículo endoplasmática são necessárias, juntamente com a 11β -hidroxilase mitocondrial. As hidroxilases do retículo endoplasmático são todas, enzimas citocromo P450.

2.5.3.4 Transporte do cortisol

Segundo Gonzáles e Silva (2003), o cortisol é um hormônio glicocorticóide, que pertence ao grupo dos esteróides adrenocorticais, tendo como molécula precursora o colesterol. O cortisol circula no sangue ligado às proteínas transportadoras. A maior parte, ou seja, 75 a 80% do cortisol que circula no plasma estão ligados a uma alfa globulina específica fixadora de corticosteróides, a transcortina, outros 15% estão ligados à albumina e 5 a 1% continuam livres, isto é, na fração biologicamente ativa do hormônio. A maior parte do cortisol é metabolizada no fígado. Os hormônios fixam-se ao tecido-alvo, são degradados e excretados através da bile, da urina e das fezes.

Situações que elevam as globulinas transportadoras dos esteróides apresentam maiores aumentos dos valores do esteróide total do que do esteróide livre. Similarmente, em condições de baixos níveis de globulinas transportadoras, as

concentrações de cortisol livre são mantidas normais apesar da redução dos níveis do cortisol plasmático (GUYTON; HALL, 2002).

2.5.3.5 Efeitos metabólicos do cortisol

O efeito mais importante do cortisol sobre o metabolismo é a sua capacidade de estimular a gliconeogênese pelo fígado - formação de glicose a partir de compostos não glicídicos (essencialmente aminoácidos) da seguinte forma:

- ⇒ Aumento da mobilização de aminoácidos dos tecidos extra-hepáticos (catabolismo protéico, essencialmente do tecido muscular), aumentando a disponibilidade de aminoácidos plasmáticos;
- ⇒ Aumento do transporte dos aminoácidos plasmáticos para o interior das células hepáticas (e diminuição do transporte para todas as células extra hepáticas), aumentando a disponibilidade de aminoácidos para conversão em glicose;
- ⇒ Aumento na formação de RNAm nas células hepáticas, aumentando a síntese de enzimas necessárias à gliconeogênese;
- ⇒ Aumento na taxa de desaminação hepática dos aminoácidos (convertidos em glicose), aumento na formação de proteínas plasmáticas (para o transporte sanguíneo da glicose) e aumento nas reservas de glicogênio hepático.

Relativamente aos lipídios, o cortisol promove a mobilização dos ácidos graxos armazenados no tecido adiposo. O cortisol aumenta o efeito da somatotropina e do ACTH, ativando assim a lipase nos adipócitos e libertando desta forma os ácidos graxos e, aumentando a concentração plasmática dos ácidos graxos. Seguidamente o cortisol promove a oxidação desses ácidos graxos (estimula a β -oxidação hepática com formação de acetilCoA), utilizando-os como fonte de energia.

Outro efeito importante do cortisol é o seu efeito antiinflamatório por: estabilizar as membranas dos lisossomos (diminuindo os riscos de uma ruptura); diminuir a formação de bradicinina (substância vasodilatadora); diminuir a permeabilidade da membrana capilar (diminuindo a passagem de proteínas para os tecidos inflamados); diminuir os efeitos da histamina (substância vasodilatadora) e

acentuar os efeitos da adrenalina e noradrenalina que aumentam a vasoconstrição periférica (GUYTON; HALL, 2002).

Sendo o principal glicocorticóide secretado pela zona fasciculada do córtex adrenal, o cortisol auxilia a metabolizar os nutrientes, mediar o estresse fisiológico e regular o sistema imune.

2.5.3.6 Influência do estresse térmico sobre os níveis de cortisol

Os fatores estressantes ambientais, quando identificados por receptores específicos, acionam os mecanismos de regulação endócrina, que produzem uma resposta no organismo animal. A área de controle hormonal inclui o hipotálamo, a hipófise e outras glândulas endócrinas (GÜNTHER, 1988). O termo estresse se refere ao estado do organismo, o qual, após atuação de agentes ambientais de qualquer natureza, responde com uma série de reações não específicas de adaptação (ENCARNAÇÃO, 1997), ativando mecanismos físicos e fisiológicos, na tentativa de restabelecer a homeostase. Dentre eles, destaca-se a hiperatividade do córtex da adrenal com conseqüente aumento de seus hormônios. O estresse também pode se referir às reações fisiológicas causadas pela percepção de situações adversas ou ameaçadoras.

Embora ocorram mudanças em quase todo o sistema endócrino, a córtex da adrenal desempenha a mais importante função no mecanismo de adaptação, por meio da liberação de glicocorticóides, controlada pelo hipotálamo. O agente estressor atua, via sistema nervoso central, sobre as células neurosecretoras do hipotálamo, as quais reagem aumentando a secreção do neurohormônio denominado hormônio liberador de corticotrofina (CRH), e este por sua vez, age na adenohipófise e estimula a secreção do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) ou corticotrofina. O ACTH age no córtex da adrenal e aumenta a secreção de glicocorticóides. Com a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, ocorrem mudanças em quase todo o sistema endócrino. Assim, em um animal estressado, a hipófise secreta menores concentrações de hormônios gonadotróficos (FSH, LH) conduzindo à redução da atividade gonadal. Portanto, em um organismo sob estresse, os glicocorticóides da adrenal podem interferir negativamente nas funções reprodutivas do animal (GUYTON; HALL, 2002).

Sob alta temperatura ambiente, na fase aguda do estresse térmico, ocorre elevação da concentração sangüínea de cortisol (McFARLANE et al., 1995) e redução na concentração dos hormônios tireoideanos, diminuindo a taxa de produção de calor

metabólico (YOUSEF et al., 1967; SANO et al., 1983; SALEM et al., 1991). Os glicocorticóides séricos aumentam drasticamente após situações de estresse (SILVA et al, 1983).

Outros autores sugerem que os animais domésticos podem suportar algumas condições ambientais adversas, mas alterações consideráveis têm sido observadas em diferentes espécies e indivíduos quanto à capacidade de ajuste às variações sazonais (NAZKI; RATTAN, 1991). O cortisol tem sido considerado como bom indicador de estresse, mas não é o indicador ideal, pois outras situações podem modificar sua concentração que não o estresse térmico.

Rasooli et al. (2010) observaram que a exposição direta de carneiros à elevada temperatura ambiente aumentou a secreção de cortisol, sem nenhum efeito significativo sobre a produção de testosterona. Estes resultados sugerem que o estresse térmico, demonstrado pelos valores do ITU, não foi suficiente para alterar a testosterona na circulação periférica de bodes expostos à temperatura média de $34,0 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$. Mas diferem dos achados de Gomes et al. (1971), que obtiveram uma redução transitória da concentração sanguínea de testosterona em carneiros e de Rhynes e Ewing (1973) em touros. Uma pesquisa recente sobre a regulação neural da esteroidogênese testicular levou à proposta de que mecanismos estão envolvidos no estresse mediado em declínio da função das células de Leydig. Concluiu-se que mudanças rápidas na testosterona sugerem uma supressão de sua biossíntese através de um mecanismo não-genômico envolvendo uma ação inibitória direta do cortisol nas células de Leydig. O provável responsável pelo declínio observado nos níveis de testosterona é o glicocorticóide cortisol, que sofre um aumento robusto durante o estresse (WEISSMAN et al., 2007).

3 JUSTIFICATIVA

A interação entre animal e ambiente deve ser levada em consideração quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois o conhecimento das variáveis climáticas, sua ação sobre as respostas comportamentais e fisiológicas dos animais são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade pecuária (NEIVA et al., 2004; SILVA et al., 2006; SOUZA, 2007).

O conhecimento do grau de adaptabilidade, da tolerância ao calor e da capacidade reprodutiva de bodes da raça Saanen em clima tropical permitirá uma melhor organização do manejo reprodutivo para a época mais favorável objetivando incremento da eficiência reprodutiva.

4 HIPOTESE CIENTÍFICA

- Machos caprinos da raça Saanen criados em clima tropical, no Nordeste do Brasil sofrem estresse térmico em função da variação dos fatores climáticos em diferentes períodos do ano.

- Machos caprinos da raça Saanen criados no Nordeste do Brasil podem receber influências sobre o comportamento reprodutivo no decorrer do ano.

5 OBJETIVOS

5.1 Geral

Avaliar a influência dos fatores climáticos sobre a adaptabilidade e a atividade reprodutiva de bodes Saanen criados em clima tropical em diferentes épocas do ano.

5.2 Específicos

- Obter dados climáticos de temperatura ambiente, índice pluviométrico e a umidade relativa do ar para determinar suas variações durante as diferentes épocas do ano;
- Calcular o índice de temperatura e umidade (ITU) para avaliar o conforto térmico ambiental e a influencia dos fatores climáticos sobre a atividade reprodutiva de bodes Saanen criados no clima tropical;
- Mensurar os parâmetros fisiológicos de temperatura retal, movimentos respiratórios e batimentos cardíacos dos reprodutores em diferentes épocas do ano;
- Avaliar a morfologia testicular com medições do perímetro escrotal e teste de libido dos reprodutores Saanen nas diferentes épocas do ano;
- Avaliar os aspectos quanti-qualitativos do sêmen de reprodutores Saanen criados em clima tropical nas diferentes épocas do ano;
- Avaliar as alterações morfológicas espermáticas dos reprodutores nas diferentes épocas do ano;
- Mensurar os perfis hormonais de testosterona, cortisol, T3 e T4 de reprodutores Saanen.

6 CAPÍTULO 1

Respostas Fisiológicas ao Estresse Térmico de Bodes Saanen em Clima Tropical

Physiological heat stress responses of Saanen goats in tropical climate

Ciência Animal: Enviado para publicação em 20 de dezembro de 2009

Aceito em: 19 de junho de 2010.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO ESTRESSE TÉRMICO DE BODES SAANEN EM CLIMA TROPICAL

(Physiological heat stress responses of Saanen goats in tropical climate)

**Maria Gorete Flores SALLES^{1*}, Carlos Eduardo Azevedo SOUZA², Davide
RONDINA³, Arlindo Alencar Araripe MOURA⁴, Ailton Alencar de ARAÚJO³**

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias/UECE, Fortaleza; ²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/UFC, Fortaleza; ³Faculdade de Veterinária da UECE; ⁴Depto. de Zootecnia/UFC/CCA, Fortaleza.

RESUMO

O trabalho objetivou verificar os efeitos da temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) nos diferentes períodos do ano (período chuvoso, transição chuvoso-seco, seco e de transição seco-chuvoso) sobre os parâmetros fisiológicos de bodes Saanen, no clima tropical. Foram utilizados nove reprodutores, que três vezes por semana, pela manhã (9:00 h) e a tarde (13:00 h) tiveram coletados os seus dados fisiológicos de temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC). As variáveis climáticas TA e UR foram registradas para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) e avaliação do conforto térmico. Os dados foram expressos em média e erro padrão e avaliados por ANOVA, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com probabilidade de 5% de erro. Com base nos resultados, concluí-se que bodes Saanen estão susceptíveis ao estresse térmico, em qualquer época do ano, mas o período de transição seco-chuvoso é o mais crítico, observando-se maior desconforto ambiental para os animais, no turno da tarde, independente da época do ano.

PALAVRAS-CHAVE: bioclimatologia animal, frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura retal,

*Endereço para correspondência:

Rua Érico Venefrido de Melo, 79,
Bairro Mondubim
CEP: 60763-200 - Fortaleza, Ceará
E-mail: mgfsalles@yahoo.com.br

ABSTRACT

This study aimed to assess the effects of ambient temperature (AT) and relative humidity (RH) at different periods of the year (rainy, rainy-dry transition, dry and dry-rainy transition) on physiological parameters of Saanen bucks in tropical climate. We used nine bucks; three times a week in the morning (9:00 AM) and afternoon (1:00 PM) had collected their physiological data of rectal temperature (RT), respiratory rate (RR) and heart rate (HR). The climatic data of AT and RH were recorded for calculating the index of temperature and humidity (THI) and evaluation of thermal comfort. Data were expressed as mean and standard error and evaluated by ANOVA and means compared by Tukey test at 5% of probability error. Based on the results, we conclude that Saanen bucks are susceptible to heat stress at any period of year and the transition dry-rainy period it the most critical for occurrence of heat stress. The afternoon shift, whatever the period of the year, is the moment of environmental discomfort for the animals.

KEYWORDS: animal bioclimatology, heart rate, respiratory rate, rectal temperature.

INTRODUÇÃO

Quando os animais são submetidos a “carga térmica” elevada, torna-se necessário regular sua temperatura interna, para mantê-la dentro de limites, que permitam índices satisfatórios de produção e de reprodução. A importância dessa carga térmica, em condições de exploração animal, depende de fatores ligados ao ambiente, vinculados, também, ao animal, através de seu genótipo (Chemineau et al., 2004). Coelho et al. (2006) demonstraram que machos Saanen são menos tolerantes à elevação da temperatura ambiente, do que os nativos do Nordeste brasileiro.

Considerando-se que a raça Saanen tem origem em clima temperado, seu desempenho no clima tropical necessita de avaliação, pois tem sido utilizada no melhoramento genético dos rebanhos caprinos leiteiros de regiões em desenvolvimento, como o Nordeste.

Os critérios de tolerância e adaptação dos animais são determinados pelas variáveis fisiológicas frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura corporal (Abi Saab & Sleiman, 1995). Outro parâmetro de importância, na avaliação da dissipação de calor, é a temperatura da superfície corporal, que reflete a sensação de desconforto térmico dos animais (Santos et al., 2005).

Elevação da temperatura ambiente acima da crítica superior, gera reações ou respostas fisiológicas, tais como aumento da temperatura da pele, da temperatura retal, da frequência respiratória e, diminuição da ingestão de alimentos (Lu, 1989), que segundo Pereira et al. (2008) esta última é a principal consequência do estresse térmico, na produtividade dos animais, e causam impactos econômicos na indústria pecuária, por diminuição da produtividade (Al-Tamimi, 2007). Altas temperaturas ambientes estimulam os receptores térmicos periféricos a suprimir a transmissão dos impulsos nervosos para o centro do apetite, no hipotálamo (Marai et al., 2008). Ocorre, também, rápida expressão de proteínas do choque térmico, que são estratégias desenvolvidas pelas células confrontadas com agente ambiental estressante, essenciais para sua sobrevivência (Welch, 1992). Todos esses fatores, somados, correspondem à capacidade genética do animal, em resposta à situação estressante, para levá-lo à homeostase (Gomes et al., 2008).

A quantificação do impacto climático sobre o animal permite melhor compreensão da magnitude das mudanças fisiológicas dos potenciais

indicadores da resposta animal, que possibilita a seleção de animais mais tolerantes ao calor (Nienaber & Hahn 2007). Assim, este trabalho visa avaliar a influência de fatores climáticos temperatura ambiente e umidade relativa do ar, sobre as respostas fisiológicas de reprodutores Saanen, em clima tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre março de 2008 e março de 2009, no Sítio Esperança, do Lar Antonio de Pádua, município de Pacatuba – Ceará (3°53'49,9''S e 38°34'32,5''W) com 69 m de altitude. O clima local é quente e úmido, com temperatura média anual de 28°C e pluviosidade total, em 2008, de 2268.4 mm.

Foram utilizados nove bodes Saanen, com peso médio de 67,11±14,2 kg e idade média de 3,41±1,9 anos, com fertilidade comprovada por monta natural. Os animais foram criados em sistema de confinamento, em galpão de alvenaria semi-aberto, com piso de madeira ripado e suspenso. A orientação era no sentido leste-oeste, pé-direito de 2,2 m, com 24 m de comprimento, por 12 m de largura e coberto por telha de barro, com área murada de 218 m², ao redor do aprisco, para exercícios. Os

animais foram alimentados, no cocho, com concentrado elaborado na propriedade, com 22% de proteína bruta - PB, adicionado de 3% de bicarbonato de sódio, mais forragem verde, com 70% de capim elefante (*Penisetum purpureum Schum*) e 30% de leucena (*Leucaena leucocephala*), além de água “ad libitum”.

As coletas dos dados fisiológicos e climáticos foram realizadas, simultaneamente, em dois turnos, pela manhã (9h:00) e pela tarde (13h:00), três vezes por semana, durante um ano, em quatro períodos: 1) *Chuvoso*: fevereiro, março, abril e maio; 2) *Transição chuvoso-seco*: junho e julho; 3) *Seco*: agosto, setembro, outubro e novembro; e 4) *Transição seco-chuvoso*: dezembro e janeiro, de acordo com o índice de pluviosidade de cada período do ano, os quais, segundo dados da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia), foram de 1.934,2 mm, 195 mm, 12,8 mm e 126,4 mm, respectivamente.

Os dados climáticos de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) foram obtidos por termohigrômetro digital (Incoterm, Brasil), instalado no galpão, 1 metro acima do nível do piso, nos mesmos horários de coleta das variáveis fisiológicas. O cálculo do índice de

temperatura e umidade (ITU) foi realizado, segundo a fórmula proposta por Buffington, Collier e Canton (1982), $ITU = 0,8TA + UR (TA-14,3) / 100 + 46,3$, onde TA (°C) e UR (p.100), calculado no programa “Current U.S. Livestock Heat Stress Conditions”, da Universidade do Kentucky (USA), disponível em: (<http://www.agwx.ca.uky.edu/lsl.htm>).

Na coleta dos dados fisiológicos de temperatura retal (TR) foi utilizado termômetro clínico veterinário, com escala até 44°C (Incoterm, Brasil), introduzido diretamente no reto do animal, a profundidade de 5 cm, de forma que o bulbo ficasse em contato com a mucosa do animal, onde permaneceu por dois minutos, com resultado expresso em °C. Na determinação da temperatura superficial (TS) foi utilizado termômetro digital infravermelho (ICEL TD-930) e coletadas temperaturas superficiais da costela (TSC), flanco (TSF) e testículos (TST). A TS corresponde à média aritmética das temperaturas obtidas nas regiões coletadas. A frequência respiratória (FR) foi obtida pela observação direta dos movimentos do flanco do animal, durante um minuto, e o resultado expresso em movimentos por minuto (mov min⁻¹). A frequência cardíaca (FC), em batimentos por

minuto (bat min^{-1}), foi medida por estetoscópio flexível, colocado diretamente na região torácica esquerda, à altura do arco aórtico, através do número dos batimentos, durante 15 segundos, cujo valor foi multiplicado por quatro.

Foram calculadas as médias e os erros-padrão da média para os dados climáticos e variáveis fisiológicas dos animais, nos diferentes períodos do ano. Na análise de variância utilizou-se o modelo GLM do programa estatístico Systat, versão 12, para verificar o efeito da época do ano nas variáveis fisiológicas, com os dados comparados pelo teste de Tukey, matriz de probabilidade de comparação dois a dois, com probabilidade de 5% de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros climáticos

Quando se avalia estresse térmico devem ser considerados, além dos valores médios, os níveis máximos das variáveis ambientais e fisiológicas, pois denotam a real condição de impacto ambiental nos animais, em determinados momentos e períodos do ano.

As variações de temperatura, observadas ao longo do ano, indicam que os valores máximos de TA ocorrem

no segundo semestre, que corresponde ao período seco, com $36,8^{\circ}\text{C}$, no turno da tarde, e $35,1^{\circ}\text{C}$, pela manhã ($P<0,05$), semelhantes às observadas por Martins Júnior et al. (2007). As primeiras pesquisas considerando os efeitos climáticos sobre os caprinos reportam Appleman & Delouche (1958), que ao avaliarem respostas de caprinos submetidos à elevação da TA, de 20°C para 40°C , concluíram que, nessa espécie, o estresse térmico ocorre quando a TA situa-se entre 35°C e 40°C .

A UR foi inversa a TA e mais elevada no turno da manhã ($P<0,05$), durante o ano experimental (Tabela 1), também, superior no período chuvoso, em relação ao seco ($P<0,05$), similar ao que relataram Martins Júnior et al. (2007).

De acordo com a literatura, a associação da TA e UR constituem os principais elementos climáticos responsáveis pela ocorrência de estresse térmico nos animais (Medeiros et al., 1998; Souza et al., 2008), especialmente quando estão com valores elevados (Nardone et al., 2006). No entanto, Marai et al. (2008) afirmam que o efeito do estresse térmico é agravado pela umidade excessiva, pois a forma insensível de dissipação de calor, através da evapotranspiração, é regulada pela umidade que, ao se elevar,

compromete esse mecanismo. Segundo Martins Júnior et al. (2007) caprinos Boer não sofrem estresse térmico, no período seco, pois embora a TA esteja mais elevada nessa época, a UR inferior facilita os mecanismos de dissipação de calor.

A determinação do ITU é um método para estimar o conforto ambiental e seu impacto sobre o animal, isto é, a possibilidade dos fatores climáticos, em determinado momento, perturbar a homeotermia. Segundo Hahn (1985), valores inferiores a 70 indicam condição normal, entre 71 e 78, crítica, 79 e 83 perigo e, acima de 83, condição de emergência. As interpretações desses índices variam entre os autores, contudo, para Fuquay (1981), valores do ITU abaixo de 72, não têm risco de estresse térmico, entre 73 e 77, estresse térmico leve, de 78 a 89, estresse térmico moderado, e acima de 90, estresse térmico grave.

Nesta pesquisa, em todos os períodos do ano, o ITU foi mais elevado durante a tarde ($P < 0,05$) (Tabela 1). Os valores médios do ITU, à tarde, nos períodos chuvoso, transição chuvoso-seco, seco e transição seco-chuvoso

foram de 81; 78,8; 77,3 e 76,7, respectivamente. Esse fato indica que, na metade do ano, os reprodutores Saanen ficam em condição crítica e, no outro período, em situação de perigo ou em constante estresse, o que reflete a influência negativa da elevada UR no conforto térmico.

No turno da manhã, os valores máximos do ITU indicam que os animais estão em situação de estresse térmico moderado, em todos os períodos do ano. Consequentemente, o clima tropical quente e úmido, característico da região litorânea do Ceará, proporciona condições críticas para o conforto dos animais, o que foi evidenciado, em ambos os turnos deste experimento.

Tabela 1. Médias, máximas e mínimas de temperatura ambiente, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade, durante coleta de dados fisiológicos de reprodutores Saanen em diferentes períodos do ano no clima tropical.

Período	Turno		TA (°C)	UR (%)	ITU
Chuvoso	Manhã	Média	28,8 ± 0,07 ^{aA}	73,8 ± 0,36 ^{aA}	80,2 ± 0,13 ^{aA}
		Máx..	32,6	90,0	86,8
		Min.	25,8	48,0	73,4
	Tarde	Média	30,0 ± 0,08 ^{bA*}	67,9 ± 0,62 ^{bA*}	81,0 ± 0,12 ^{bA*}
		Máx..	33,7	93,0	86,1
		Min.	25,9	38,0	76,3
Transição chuvoso-seco	Manhã	Média	28,7 ± 0,09 ^{aA}	55,6 ± 0,60 ^{aB}	77,3 ± 0,12 ^{aB}
		Máx..	33,7	71,0	82,6
		Min.	27,0	39,0	73,0
	Tarde	Média	30,2 ± 0,09 ^{bA*}	51,8 ± 0,73 ^{bB*}	78,8 ± 0,15 ^{bB*}
		Máx..	33,7	72,0	84,7
		Min.	28,1	31,0	75,3
Seco	Manhã	Média	30,3 ± 0,07 ^{aB}	38,2 ± 0,36 ^{aC}	76,6 ± 0,06 ^{aC}
		Máx..	35,1	57,0	79,8
		Min.	27,2	20,0	73,7
	Tarde	Média	32,4 ± 0,08 ^{bC*}	27,8 ± 0,45 ^{bC*}	77,3 ± 0,10 ^{bC*}
		Máx..	36,8	52,0	81,6
		Min.	24,6	11,0	68,3
Transição seco-chuvoso	Manhã	Média	29,3 ± 0,11 ^{aC}	49,1 ± 0,90 ^{aD}	77,1 ± 0,14 ^{aB}
		Máx..	32,9	73,0	85,8
		Min.	26,0	29,0	75,3
	Tarde	Média	31,1 ± 0,08 ^{bD*}	33,5 ± 0,91 ^{bD*}	76,7 ± 0,09 ^{bD*}
		Máx..	33,0	61,0	81,7
		Min.	27,8	15,0	74,3

Letras minúsculas: diferenças dentro do período entre os turnos; Letras maiúsculas sem asterisco: diferenças entre os períodos no turno da manhã; Letras maiúsculas com asterisco diferenças entre os períodos no turno da tarde;

Parâmetros fisiológicos

Em todos os períodos do ano (Tabela 2), os maiores valores médios de TR foram no turno da tarde ($P < 0,05$), fato similar aos resultados de pesquisas

com caprinos de diferentes raças e sexos (Arruda & Paint, 1985; Acharya et al., 1995; Ayo et al., 1999; Santos et al., 2005; Silva et al., 2006; Martins Jr et al., 2007). Valores máximos da TR, de 43°C, pela manhã, e de 42°C, à tarde,

foram observados no período de transição seco-chuvoso, com TA máximas de 32,9°C e 33°C, nos turnos da manhã e tarde, aliados com UR máximas de 73%, de manhã, e 61%, à tarde, colaboraram para o valor do ITU de 85,8, pela manhã, e 81,7, à tarde (Tabela 1), que são considerados como condição de emergência e perigo de estresse térmico.

Pesquisas indicam que a TR fisiológica, em caprinos, varia de 38,5 a 40,0°C, em repouso e à sombra, sob condições de termoneutralidade, e é considerada como medida que melhor representa a temperatura do núcleo corporal, além de ser bastante utilizada para verificar o grau de adaptabilidade dos animais e considerada bom indicador de estresse térmico, e a partir de 42°C são consideradas perigosas (Baccari Jr et al., 1996; Brown-Brandl et al., 2003; Coelho et al., 2006; Marai et al., 2008).

A temperatura da pele reflete melhor a sensação de conforto ou estresse dos animais, e pode ser utilizada como indicador (Heath et al., 2001). Verifica-se, na Tabela 2, que a TS foi superior no turno da tarde ($P < 0,05$), em todos os períodos do ano, e que os seus valores máximos, no turno da manhã (36°C), foram registrados no

período seco e no turno da tarde (36,5°C), durante o período chuvoso.

Os menores valores médios da TS, nos turnos da manhã e tarde, ocorreram no período chuvoso, de acordo com os valores mínimos, tanto pela manhã (25,9°C), quanto à tarde (23,1°C), também, no período chuvoso. Os maiores valores médios ocorreram pela manhã e à tarde, no período seco, condição ambiente que favorece a dissipação de calor por evaporação, pois a capacidade máxima de sudação é atingida sob temperaturas elevadas e umidade baixa, quando ocorre aumento do volume de sangue para a epiderme, que proporciona maior estímulo para produção das glândulas sudoríparas (Ligeiro et al., 2006).

A temperatura corporal profunda responde suavemente às mudanças que ocorrem no ambiente, enquanto a temperatura da superfície corporal varia, consideravelmente, em função das condições do ambiente. Obviamente, se existe variação na temperatura corporal, conforme o local do corpo, a conclusão é que a temperatura de um organismo não é necessariamente uniforme (Maia et al., 2005). Nesse caso, temperatura corporal média, calculada a partir de múltiplas medidas, foi adotada por McLean et al. (1983), citado por Souza et al. (2008)

para estimar a variação no conteúdo de calor. Quando há diferença de temperatura entre o animal e o ambiente, o excesso de calor é dissipado do corpo aquecido, para o meio mais frio, pois, do contrário, o animal terá que utilizar mecanismos evaporativos (Eustáquio Filho et al., 2008).

Durante todos os períodos do ano estudado, em ambos os turnos, os valores médios da FR estiveram acima do considerado fisiológico para a espécie, considerando-se que, para Martins Júnior et al. (2007), a FR de caprinos, em condição de termoneutralidade, apresenta valor médio de 15 movimentos respiratórios por minuto, com valores entre 12 e 25 mov/min. O aumento da FR, em resposta às oscilações das variáveis ambientais, tem como objetivo principal a manutenção da homeotermia (Eloy, 2007).

Neste experimento, em todos os períodos do ano, os valores médios da FR foram superiores no turno da tarde ($P < 0,05$), em comparação ao turno da manhã (Tabela 2), que concorda com os resultados encontrados em caprinos por Gomes et al. (2008).

Os valores máximos da FR, nos turnos da manhã (184 mov/min) e tarde (200 mov/min), foram determinados no período chuvoso. O aumento da FR,

quando considerado por curto período, é um mecanismo eficiente de perda de calor. Porém, quando os valores ultrapassam 120 mov/min, o animal sofre com a carga excessiva de calor e, acima de 160 mov/min, medidas de emergência devem ser tomadas, a fim de amenizar o estresse térmico (Perissinotto et al., 2009).

TR e FR são consideradas as melhores referências fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao calor (Bianca e Kunz, 1978). De la Sota et al. (1998) concluem que, além das funções fisiológicas, a ingestão de alimentos é alterada, em condições de estresse térmico.

Nos caprinos, a FC varia entre 70 e 90 batimentos por minuto (Martins Júnior et al., 2007). Neste estudo, conforme a Tabela 2, os valores médios da FC, no turno da tarde, durante o período chuvoso foi de 90,8 bat/min e no período de transição chuvoso/seco, de 91,9 bat/min, os quais são superiores aos limites fisiológicos aceitáveis para a espécie.

Nos períodos de transição chuvoso-seco e seco houve diferença estatística significativa entre os turnos da manhã e tarde ($P < 0,05$), com valores mais elevados de FC, à tarde. Resultados semelhantes ao de Medeiros et al. (1998), onde caprinos de

diferentes raças apresentaram FC inferior pela manhã, e semelhantes, também, às observações de Martins Júnior et al. (2007), em caprinos das raças Boer e Anglo-Nubiana, cujas FC foram mais elevadas no período da tarde, possivelmente, atribuído às diferenças na temperatura ambiente, em relação à temperatura corporal.

O presente estudo indica que a FC de bodes Saanen, durante os períodos, chuvoso e de transição seco-chuvoso, não mostraram diferenças estatísticas significativas entre os turnos. Resultado similar foi encontrado por Souza et al. (2008), ao comparar machos de diferentes grupos genéticos das raças Boer, Savana, Kalahari, Anglo-nubiana e Moxotó, não encontraram diferenças significativas para a FC entre os turnos da manhã e tarde. Santos et al. (2005) mostraram que os resultados de FC, à noite, foram superiores aos encontrados no turno da manhã, que denota a importância da perda de calor, durante a noite, na redução da FC dos animais.

Entre os períodos chuvoso e seco do ano estudado, não houve diferença estatística significativa da FC, entretanto, Martins Júnior et al (2007), ao trabalhar com as raças Boer e Anglo-nubiana, nos mesmos períodos,

observaram que os animais apresentaram FC inferior ($P < 0,05$), no período chuvoso. Os dados de FC na literatura científica, na maioria das vezes, são discrepantes, devido às diferentes condições ambientais em que foram obtidos (Gomes et al., 2008).

A exposição contínua dos animais à ambientes quentes determina, além da adaptação funcional dos principais processos fisiológicos, mudanças funcionais ou estruturais que aumentam sua capacidade para viver nesse tipo de ambiente. Um animal que modifica seus processos, até alcançar novo nível, com elevação mínima da temperatura corporal é considerado mais aclimatado ou adaptado para viver em ambiente quente, do que outro que variou notavelmente seu equilíbrio térmico (Silva et al., 2006).

Para tanto, a adaptabilidade é, em parte, um fator geneticamente controlado, através da herança de vários atributos anatomofisiológicos, que afetam a termogênese e a termólise. Assim, na avaliação da adaptabilidade de uma raça, a medida mais comumente utilizada é a temperatura corporal e mais especificamente sua termoestabilidade (Baccari Júnior et al., 1996).

Tabela 2. Dados fisiológicos de bodes da raça Saanen criados no clima tropical, em diferentes períodos do ano.

Período	Turno		TR (°C)	TS (°C)	FR	FC
Chuvoso	Manhã	Média	39,0 ± 0,02aA	30,6 ± 0,08aA	66,7 ± 1,30aA	89,7 ± 0,76aA
		Máx.	41,4	35,3	184,0	140,0
		Min.	38,1	25,9	16,0	48,0
	Tarde	Média	39,1 ± 0,02bA*	31,6 ± 0,10bA*	73,9 ± 1,35bA*	90,8 ± 0,78aA*
		Máx.	41,2	36,5	200,0	146,0
		Min.	38,0	23,1	24,0	48,0
Transição chuvoso-seco	Manhã	Média	38,7 ± 0,02aB	31,8 ± 0,08aB	64,1 ± 1,50aA	88,3 ± 1,07aA
		Máx.	40,2	35,1	160,0	132,0
		Min.	38,0	26,7	24,0	52,0
	Tarde	Média	38,9 ± 0,02bB*	33,1 ± 0,07bB*	76,1 ± 1,53bA*	91,9 ± 0,85bA*
		Máx.	41,0	35,6	132,0	132,0
		Min.	38,3	29,6	24,0	52,0
Seco	Manhã	Média	38,8 ± 0,01aB	32,6 ± 0,04aC	71,2 ± 1,17aB	86,2 ± 0,66aB
		Máx.	41,0	36,0	148,0	152,0
		Min.	38,0	28,4	24,0	52,0
	Tarde	Média	38,9 ± 0,03bB*	33,7 ± 0,09bC*	82,6 ± 1,53bB*	89,0 ± 1,02bB*
		Máx.	40,3	35,7	156,0	140,0
		Min.	38,3	30,9	32,0	38,9
Transição seco-chuvoso	Manhã	Média	38,9 ± 0,03aC	31,9 ± 0,09aB	70,3 ± 1,53aAB	82,3 ± 1,02aC
		Máx.	43,0	34,9	132,0	136,0
		Min.	38,0	27,6	28,0	44,0
	Tarde	Média	39,1 ± 0,02bA*	33,2 ± 0,08bB*	83,3 ± 1,63bB*	82,6 ± 1,04aC*
		Máx.	42,0	35,6	144,0	120,0
		Min.	38,5	29,4	36,0	36,0

Letras minúsculas mostram diferenças dentro do período entre os turnos; Letras maiúsculas sem asterisco mostram diferenças entre os períodos no turno da manhã; Letras maiúsculas com asterisco mostram diferenças entre os períodos no turno da tarde.

CONCLUSÕES

Com base nos dados climáticos e nas repostas fisiológicas, pode-se concluir que bodes Saanen estão susceptíveis ao estresse térmico, em qualquer época do ano, onde o período de transição seco-chuvoso é o mais

crítico e, independente da época do ano, o turno da tarde causa maior desconforto ambiental para os animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, S.; SLEIMAN, F. T. Physiological responses to stress of

- filial crosses compared to local Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, v.16, p.55-59, 1995.
- ACHARYA, R. M.; GUPTA, U. D.; SEHGAL, J. P.; SINGH, M. Coat characteristics of goats in relation to heat tolerance in the hot tropics. *Small Ruminant Research*, v.18, p.245-248, 1995.
- AL-TAMIMI, H. J. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Ruminant Research*, v.71, n.1-3, p.280-285, 2007.
- APPLEMAN, R. D.; DELOUCHE, J. C. Behavioral physiological and biochemical responses of goats to temperature, 0° to 40°C. *Journal of Animal Science*, v.17, p.326-335, 1958.
- ARRUDA, F. A. V.; PANT, K. P. Frequência respiratória em caprinos brancos e pretos de diferentes idades. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.20, n.11, p.1351-1354, 1985.
- AYO, J. O.; OLADELE, S.B.; NGAM, S.; FAYOMI, A.; AFOLAYAN, S.B. Diurnal fluctuations in rectal temperature of the Red Sokoto goat during the harmattan season. *Research in Veterinary Science*, v.66, n.1, p.7-9, 1999.
- BACCARI JÚNIOR, F.; GONÇALVES, H. C.; MUNIZ, L. M. R.; POLASTRE, R.; HEAD, H. H. Milk production, serum concentrations of thyroxine and some physiological responses of Saanen-Native goats during thermal stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.8, p.9-14, 1996.
- BIANCA, W.; KUNS, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock Production Science*, v.5, n.1, p.57-69, 1978.
- BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J. A.; EIGENBERG, R. A.; HAHN, G. L.; CAMPOS, O. F.; SILVA, J. F. C.; MILAGRES, J. C.; SAMPAIO, A. O. Comportamento de ovinos submetido a três níveis de temperatura ambiente. *Revista Ceres*, v. 20, p.231-242, 2003.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shed management systems to reduce heat stress for dairy cows. *American Society of Agricultural Engineers*, 16p, Paper 82-4061, 1982.
- CHEMINEAU, P.; DAVEAU, A.; COGNÍÉ, Y.; AUMONT, G.; CHESNEAU, D. Seasonal ovulatory activity exist in tropical Creole female goats and Black Belly ewes subjected to a template photoperiod. *BMC Physiology*, v.27, p.4-12, 2004.
- COELHO, L. A.; SASA, A.; NADER, C. E.; CELEGUINI, E. C. C. Características do ejaculado de caprinos sob estresse calórico em câmara bioclimática. *Arquivo Brasileiro de*

- Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.4, p.544-549, 2006.
- DE LA SOTA, R. L.; BURKE, J. M.; RISCO, C. A.; MOREIRA, F.; DELORENZO, M. A.; THATCHER, W. W. Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. *Theriogenology*, v.49, n.4, p.761-70, 1998.
- ELOY, A. M. X. *Estresse na produção animal*. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2007. 7p. (Comunicado Técnico 87).
- EUSTÁQUIO FILHO, A.; SANTOS, P. E. F.; SOUZA, L. E. B.; DIAS, A. C. D.; SANTOS, D. F. Estudo da zona de conforto térmico para ovinos na região semi-árida. *Pubvet*, v.2, n.40, Art#385, 17p, 2008. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=11 Acesso em: 20/12/2009.
- FUQUAY, J. W. Heat stress as is affects animal production. *Journal of Animal Science*, v.52, p.164-182, 1981.
- GOMES, C. A. V.; FURTADO, D. A.; MEDEIROS, N. A.; SILVA, D. S.; PIMENTA FILHO, E. C.; LIMA JÚNIOR, V. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.213-219, 2008.
- HAHN, G. L. **Management and housing of farm animals in hot environments**. In: YOUSEF, M.K. *Stress Physiology in Livestock: ungulates*. Boca Raton: CRC Press. Inc., 1985, v.2, p.151-174.
- HEATH, A. M.; NAVARRE, C. B.; SIMPKINS, A.; PUROHIT, R. C.; PUGH, D. G. A comparison of surface and rectal temperatures between sheared and non-sheared alpacas (Lama pacos). *Small Ruminant Research*, v.39, p.9-23, 2001.
- LIGEIRO, E. C.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.544-549, 2006.
- LU, C. D. Effects of heat stress on goat production. *Small Ruminant Research*, v.2, p.151- 162, 1989.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, v.50, n.1, p.17-22, 2005.
- MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M. A. M. Reproductive performance

- traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep-A review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v.8, p.209-234, 2008.
- MCLEAN, J. A.; DOWNIE, A. J.; WATTS, P. R.; GLASBEY, C. A. Thermal adjustment of steers (*Bos Taurus*) to abrupt changes in environmental temperature. *The Journal of Agricultural Science*, v.100, n.2, p.305-314, 1983.
- MARTINS JÚNIOR, L. M.; COSTA, A. P. R.; AZEVÊDO, D. M. M. R.; TURCO, S. H. N.; CAMPELO, J. E. G.; MURATORI, M. C. S. Adaptabilidade de caprinos Boer e Anglo-Nubiana às condições climáticas do Meio-Norte do Brasil. *Archivos de Zootecnia*, v. 56, n.214, p. 103-113, 2007.
- MEDEIROS, L. F.; SCHERER, P. O.; VIEIRA, D. H.; SOUSA, J. C. D. Frequência respiratória e cardíaca de caprinos de diferentes raças e idades. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Anais... Botucatu. SBZ, 1998, p.85-87.
- NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; BERNABUCCI, U. Climatic effects on productive traits in livestock. *Veterinary Research Communications*, v.30, n.1, p.75-81, 2006.
- NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, v.52, p.149-157, 2007.
- PEREIRA, A. M. F.; BACCARI JR, F.; TITTO, E. A. L.; ALMEIDA, J. A. A. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. *International Journal of Biometeorology*, v.52, p.199-208, 2008.
- PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1492-1498, 2009.
- SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; CÉZAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; ACOSTA, A. A.; SANTOS, J. R. S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.1, p.142-149, 2005.
- SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; CEZAR, M. F.;

SOUZA, W. H.; BENÍCIO, T. M. A.; FREITAS, M. M. S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, p.516-521, 2006.

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; SILVA, R. M. N.; CEZAR, M. F.; SANTOS, J. R. S.; SILVA, G. A. Respostas fisiológicas de caprinos de diferentes

grupos genéticos no semi-árido paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.1, p.314-320, 2008.

WELCH, W. J. Mammalian stress response: Cell physiology structure function of stress proteins and implications for medicine and disease. *Physiological Reviews*, v.72, n.4, p.1063-1081, 1992.

7 CAPÍTULO 2

EFEITOS DE FATORES CLIMÁTICOS SOBRE PARÂMETROS REPRODUTIVOS DE BODES SAANEN CRIADOS EM CLIMA TROPICAL

EFFECTS OF CLIMATIC FACTORS ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF SAANEN GOATS RAISED IN TROPICAL CLIMATE

**EFEITOS DE FATORES CLIMÁTICOS SOBRE PARÂMETROS
REPRODUTIVOS DE BODES SAANEN CRIADOS EM CLIMA TROPICAL**

**EFFECTS OF CLIMATIC FACTORS ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF
SAANEN GOATS RAISED IN TROPICAL CLIMATE**

Salles, M.G.F.^{1*}, Rondina, D.¹, Moura, A.A.A.², Araújo, A.A.¹

^{1*}Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária - Av. Paranjana, 1700. Campus do Itaperi, 60740-000, Fortaleza, Ceará, Brasil. Tel:+55-85-31019858. Fax:+55-85-31019858. Autor para correspondência. E-mail:mgfsalles@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Ceará. Depto. de Zootecnia/UFC/CCA, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza-CE, Brasil

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Bodes Saanen. Clima tropical. Estresse térmico

ADDITIONAL KEYWORDS

Saanen bucks. Tropical climate. Heat stress

RESUMO

O estudo avaliou os fatores climáticos sobre as variações sazonais do sêmen, circunferência escrotal, libido e testosteronemia de bodes Saanen em clima tropical, nos diferentes períodos do ano e, a ocorrência de estresse térmico. Os períodos do ano foram classificados de acordo com a pluviosidade em: chuvoso, transição chuvoso-seco, seco e transição seco-chuvoso. Para tal avaliaram-se nos diferentes períodos, os parâmetros climáticos de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU). Os parâmetros reprodutivos foram avaliados nestes

períodos para verificar a existência de variações sazonais. Quinzenalmente foi coletado o sêmen de 9 bodes Saanen por vagina artificial para avaliar libido, volume do ejaculado, concentração, motilidade massal, motilidade individual progressiva, porcentagem de espermatozóides móveis (PEM) e patologias espermáticas (PE). Foi mensurada a circunferência escrotal (CE), as temperaturas superficiais dos testículos (TST) e os níveis séricos de testosterona (T). Os resultados mostram que os parâmetros climáticos tiveram influência sobre os parâmetros reprodutivos, principalmente no período seco onde a TA mais elevada, diminui a qualidade seminal, uma vez que houve diminuição da PEM e aumento das PE, no entanto, a CE, a TST e as concentrações séricas de T aumentaram. Conclui-se que, bodes Saanen sofrem situações de estresse térmico quando criados em clima tropical e há variações sazonais transitórias dos parâmetros reprodutivos, sendo o primeiro semestre o período mais favorável para a reprodução.

SUMMARY

The study evaluated the climatic factors on the seasonal variations of semen characteristics, scrotal circumference, libido and peripheral testosterone concentrations of Saanen bucks in tropical climate, in different periods of the year, as well as the occurrence of heat stress. The year was divided in four periods, according to rainfall: rainy, rainy-dry transition, dry, dry-rainy transition. During such periods we recorded the environmental data for ambient temperature (AT) and relative humidity of air (RH) to calculate the temperature and humidity index (THI). Reproductive parameters were also evaluated in the same periods to check for seasonal variations. Semen was collected fortnightly from 9 Saanen bucks using an artificial vagina to assess libido, ejaculated volume, sperm concentration, wave motility, individual progressive motility, percentage of motile sperm (PMS) and sperm morphological defects (SMD). We also measured scrotal circumference (SC), testicular superficial temperature (TST) and serum levels of testosterone (T). The results show that environmental parameters had an influence on reproduction, especially in the dry season, where the highest AT decreases sperm quality, since there was a decrease in PMS and increased SMD. However, the SC, TST and serum concentrations of T increased. We conclude that Saanen bucks suffer from heat stress situations when raised in a tropical environment and they display seasonal variations of reproductive parameters and the first half the most favorable season for reproduction.

INTRODUÇÃO

Nas latitudes tropicais a atividade endócrina, o comportamento sexual e a atividade gonadal são influenciados pelos níveis nutricionais (Walkden-Brown *et al.*, 1994), raça, idade fisiológica, manejo reprodutivo e clima (Nunes, 1988; Machado *et al.*, 2000), principalmente a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar (Zarrouk *et al.*, 2001). Nessas regiões próximas à linha do Equador, onde não há variação do fotoperíodo, não ocorrem diferenças estacionais na produção espermática dos machos de raças nativas (Chemineau, 1986) e as variações quantiquantitativas do ejaculado caprino estão condicionadas a fatores como a elevação da temperatura ambiente (Chemineau & Delgadillo, 1994; Santos *et al.*, 2006) que interfere na temperatura corporal dos animais e, resulta em decréscimo da fertilidade e da função testicular (Rasooli *et al.*, 2010). Segundo Salviano & Souza (2008) a elevação da temperatura ambiental provoca um aquecimento dos testículos com aumento do metabolismo e da demanda de oxigênio pelas células, porém seu fluxo sanguíneo é limitado, tornando-se incapaz de suprir essa demanda, resultando, portanto, em hipóxia seguida de degeneração seminal (Moore, 1924; Philips & McKenzie, 1934; Vogler *et al.*, 1991; Setchell, 1998), redução na fertilidade do macho (Hulet *et al.*, 1956), alterações na síntese de proteínas e expressão de genes nas células germinativas e de Sertoli (Guo *et al.*, 1999; Ikeda *et al.*, 1999; Kumagai *et al.*, 2000).

Em machos vertebrados a testosterona (T) é o hormônio que regula a espermatogênese, a expressão dos caracteres sexuais secundários e o comportamento sexual (Todini *et al.*, 2007), embora o ambiente social também possa modular a concentração individual da testosterona nos machos (Katz, 2007). Estudos têm se concentrado na endocrinologia do macho, descrevendo o papel de vários hormônios na regulação do comportamento sexual, caracterizando a influência ou quantificando as concentrações, na tentativa de prever o potencial de desempenho sexual dos machos de um rebanho (Katz, 2007).

O sucesso da produção animal depende de vários aspectos, dos quais o reprodutivo constitui um dos principais, e está relacionado, principalmente, à interação genótipo/meio ambiente (Almeida *et al.*, 2007). Nas regiões tropicais, tem-se procurado a melhoria da produtividade dos rebanhos pela introdução de raças especializadas com bom desempenho nas regiões de origem. Desta forma, torna-se imprescindível o conhecimento do comportamento reprodutivo das raças caprinas leiteiras originárias de clima temperado, como a Saanen, quando exploradas no clima tropical, bem como, a determinação dos sistemas de criação e

práticas de manejo que permitam a produção pecuária de forma sustentável, sem prejudicar o bem-estar dos animais, já que, o êxito da produção animal está em conseguir conter os fatores estressantes, que definitivamente incidem de maneira negativa no bem-estar dos animais. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar nos bodes Saanen criados em clima tropical as variações sazonais dos parâmetros reprodutivos e dos níveis séricos de testosterona.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do Experimento

O experimento foi realizado entre março de 2008 a março de 2009, no Sítio Esperança, no município de Pacatuba - Ceará, região Nordeste do Brasil, localizado a latitude de 3°53'49,9''Sul, longitude de 38°34'32,5''Oeste e altitude de 69 metros. O clima da região é caracterizado como quente e úmido com a temperatura média anual de 28°C e pluviosidade total no período estudado de 2717,8 mm.

Animais Experimentais

Foram utilizados nove bodes Saanen com peso médio de $67,1 \pm 14,2$ kg e idade média de $3,4 \pm 1,9$ anos com fertilidade comprovada por monta natural. Criados em sistema de confinamento em galpão de alvenaria semi-aberto, com piso de madeira ripado e suspenso, orientação no sentido leste-oeste, pé-direito de 2,2 m com 24 m de comprimento por 12 m de largura e coberto por telha de barro, com área de 218 m² ao redor do aprisco para exercícios. Os animais foram alimentados no cocho com concentrado produzido na propriedade contendo 22% PB adicionado de 3% de bicarbonato de sódio, forragem verde com 70% de capim elefante (*Penisetum purpureum* Schum) misturada a 30% de leucena (*Leucaena leucocephala*) e água “ad libitum”.

Delineamento Experimental

O ano foi dividido em quatro períodos: 1) Chuvoso: fevereiro, março, abril e maio 2) Transição chuvoso-seco: junho e julho 3) Seco: agosto, setembro, outubro e novembro 4)

Transição seco-chuvoso: dezembro e janeiro, de acordo com o índice de pluviosidade registrado.

Parâmetros Climáticos

Os dados climáticos entre 2008 e 2009 referentes aos parâmetros de temperatura ambiente (TA) e da umidade relativa do ar (UR) foram coletados, dentro do aprisco dos reprodutores, utilizando um termohigrômetro digital INCOTERM instalado no galpão, a 1m acima do nível do piso. Também foram obtidos dados pluviométricos da Funceme (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) do posto de coleta no município de Maranguape, CE, Brasil.

Os dados de TA e UR foram utilizados para estimativa do índice de temperatura e umidade (ITU) proposto por Thom (1959), através da fórmula: $ITU_{Thom} = t_{bs} + 0,36 \cdot t_{po} + 41,5$

Onde: t_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C),

t_{po} = temperatura do ponto de orvalho (°C).

Parâmetros Reprodutivos

Circunferência escrotal (CE)

Quinzenalmente, aferiram-se as medidas da circunferência escrotal dos reprodutores, que foram obtidas empurrando suavemente os testículos para o fundo do escroto e, em seguida medindo a maior circunferência com uma fita metálica flexível (Tortuga), perfazendo um total de 26 medições. No momento foram coletadas, a temperatura superficial do testículo esquerdo (TSTE) e do testículo direito (TSTD) com um termômetro infravermelho digital (ICEL TD-930) distante 1 cm da pele.

Coleta de sêmen e avaliação

Quinzenalmente, o sêmen foi coletado de cada bode por vagina artificial usando uma fêmea com estro induzido (Estrogin®). Imediatamente após a coleta, o volume foi observado através de tubo Falcon graduado (Falcon, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA).

A concentração espermática foi determinada em câmara hematómetrica de newbauer retirando uma alíquota de 50 μL sêmen que foi diluída em 5 mL solução de formol salina tamponada (1:100). O número total de espermatozóides no ejaculado foi obtido multiplicando-se o volume de sêmen ejaculado (mL) pela concentração espermática/mL.

Para avaliação da motilidade massal retirou-se 30 μL de sêmen que foi colocado sobre lâmina pré-aquecida a 37°C e observado sob microscópio óptico em aumento de 100X, com notas de 0 a 5 (1: sem ondas 2: ondas em movimentos pouco perceptíveis, 3: ondas aparentes com movimentos moderados, 4: ondas com rápidos movimentos e 5: deslocamento intenso com ondas espessas) (Blom, 1950).

Para analisar a motilidade individual progressiva (MIP) o sêmen foi diluído em solução salina fisiológica e os tubos imersos em banho-maria a 37°C, estabilizados durante 5 minutos e, então retirados 30 μL de amostra e colocado sob lâmina e lamínula a 37°C, para ser avaliado sob microscópio óptico em lente objetiva de 400X (Evans & Maxwell, 1987), com notas de 0 a 5 (Colas, 1980). A porcentagem de espermatozóides móveis (PEM) foi obtida em escala de (0-100%).

Para a avaliação das patologias espermáticas foi realizado esfregaço de sêmen corado com solução de azul de bromofenol (Oliveira et al., 2009). Em cada lâmina foram avaliadas 100 células de diferentes campos e determinada a porcentagem de anomalias de cabeça, cabeça sem flagelo, gota citoplasmática: distal e proximal, anomalias de flagelo e células normais (Evans & Maxwell, 1987).

Durante cada coleta de sêmen foi observada a libido dos reprodutores anotando o tempo de reação, definido como o período entre a introdução do bode para a baia de coleta e da entrega de sêmen dentro da vagina artificial (Elwisby *et al.*, 1976).

Análise hormonal

As amostras de sangue foram coletadas a cada 15 dias por venopunção da jugular em tubos vacutainers de 10 mL heparinizados e, imediatamente centrifugadas a 3000 rpm durante 15 minutos. Os plasmas coletados foram armazenados a -20°C até a dosagem da testosterona (T). Todas as amostras de cada bode foram testadas em duplicata.

Para a determinação quantitativa das concentrações plasmáticas de T em plasma utilizou-se a metodologia imunoensaio enzimático por micropartículas (MEIA) no equipamento AxSYM (Abbott), de maneira precisa no sistema automatizado AxSYM. Foram utilizados 2 Kits

AxSYM Testosterona (3C85-20) e os resultados expressos em ng/mL. O ensaio AxSYM testosterona demonstrou uma sensibilidade funcional $\leq 0,2$ ng/mL e uma sensibilidade analítica $\leq 0,1$ ng/mL com nenhum arraste significativo menor que a sensibilidade funcional.

Análise estatística

Foram calculadas as médias e os erros-padrão da média para os dados climáticos e parâmetros seminais e o nível sanguíneo de testosterona dos reprodutores, nos diferentes períodos do ano. Na análise de variância utilizou-se o modelo GLM do programa estatístico Systat versão 12 para verificar o efeito da época do ano sobre os diversos parâmetros seminais e sobre o nível hormonal, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (matriz de probabilidade de comparação dois a dois) com probabilidade de 5% de erro.

RESULTADOS

Parâmetros climáticos

A tabela 1 mostra que as variações de temperatura observadas ao longo do ano tiveram os valores máximos de TA no período seco, atingindo o extremo de 35,9°C que, segundo Mellado & Meza-Herrera (2002) pode provocar efeitos deletérios sobre a produtividade da espécie caprina, quando exposta a faixa de temperatura entre 34-36°C. Contudo, durante o ano estudado os valores médios da TA não tiveram diferença estatística significativa ($P>0,05$), permanecendo no limite da zona de termoneutralidade para caprinos, na primeira metade do ano com valores muito semelhantes de $29,4 \pm 0,07$ e $29,4 \pm 0,09$ que, segundo Baêta & Souza (1997) é de 30°C, mas na segunda metade do ano a TA foi mais elevada.

A UR conforme o esperado foi superior durante o período chuvoso ($P<0,05$), em que ocorreu a maior precipitação pluviométrica ($P>0,05$), significativamente diferente em relação aos outros períodos do ano. Sendo característica do clima da região (Tab.1) que apresentou um período chuvoso com o valor máximo de 91,5% da UR e valor médio na precipitação de $595,9 \pm 117,9$ mm e, um período seco onde foi encontrado o valor mínimo de 15,5% de UR e precipitação média de $3,2 \pm 1,8$ mm. Já os valores médios da UR entre os períodos, seco e nas transições não mostraram diferença significativa.

Neste estudo, os valores máximos do ITU (Tab.1) foram de 86,4 no período chuvoso; 83,6 na transição chuvoso-seco; 80,7 no período seco e 83,7 na transição seco-chuvoso. Assim, os

reprodutores Saanen criados em clima tropical vivem em ambientes com perigo de estresse térmico na maior parte do ano e, em algumas situações de emergência, sendo que, no período seco vivem condições ambientais menos graves, pois embora as TA sejam mais elevadas a UR inferior facilita os mecanismos de dissipação de calor, para que mantenham melhor sua homeotermia. Portanto, no ambiente tropical os bodes Saanen estão sob constantes situações de estresse térmico, já que os valores médios do ITU foram encontrados na faixa considerada crítica. O ITU é um índice que permite estimar e avaliar a intensidade de conforto ambiental; quando seu valor for inferior ou igual a 70 indica condição normal, não estressante; entre 71 e 78 é considerado crítico; entre 79 e 83, indica perigo; e acima de 83 condição de emergência presente (Barbosa & Silva, 1995). No período chuvoso em que a UR está elevada houve condições de emergência, demonstradas nos valores máximos do ITU quando a TA também estava alta, criando ambiente desfavorável para o conforto térmico dos animais.

Embora os caprinos sejam conhecidos por serem adaptados a ambientes agressivos (Silanikove, 2000), sua produtividade é afetada por condições climáticas extremas e são sensíveis sim ao estresse térmico, apesar de serem caracterizados como animais resistentes ao calor.

Tabela I. Médias, máximas, mínimas e erro padrão da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, do índice de temperatura e umidade e da precipitação pluviométrica, durante coleta dos dados reprodutivos de bodes Saanen em diferentes períodos do ano no clima tropical do Ceará, Brasil. (Means, maximum, minimum and standard error of ambient temperature, relative humidity of the air, the index of temperature and humidity and rainfall during data collection reproductive Saanen bucks at different periods of the year in the tropical climate of Ceará, Brazil).

Período		TA (°C)	UR (%)	ITU	Precipitação (mm)
<i>Chuvoso</i>	Média	29,4 ± 0,07 ^a	70,8 ± 0,49 ^a	80,6 ± 0,12 ^a	595,9 ± 117,9 ^a
Fev. - Mar.	Máx.	33,1	91,5	86,4	804,8
Abr. - Maio	Min.	25,8	43,0	74,8	257,2
<i>Transição 1</i>	Média	29,4 ± 0,09 ^a	53,7 ± 0,66 ^b	78,0 ± 0,12 ^b	97,5 ± 70 ^b
Jun. - Jul.	Máx.	33,7	71,5	83,6	168,4
	Min.	27,5	35,0	74,1	26,6
<i>Seco</i>	Média	31,3 ± 0,07 ^a	33,0 ± 0,40 ^b	76,9 ± 0,08 ^b	3,2 ± 1,8 ^c
Ago. - Set.	Máx.	35,9	54,5	80,7	6,8
Out. - Nov.	Min.	25,2	15,5	71,0	0
<i>Transição 2</i>	Média	30,2 ± 0,09 ^a	41,3 ± 0,90 ^b	76,9 ± 0,11 ^b	63,2 ± 56 ^b
Dez.-Jan.	Máx.	32,9	67,0	83,7	119,6
	Min.	26,9	22,0	74,8	6,8

Parâmetros reprodutivos

A tabela 2 mostra as características seminais dos bodes Saanen onde, o volume do ejaculado no período chuvoso não diferiu dos outros períodos do ano. No entanto, no período seco ($1,52 \text{ mL} \pm 0,14$) diferiu dos períodos de transição ($P < 0,05$), sendo superior ao volume do período de transição chuvoso-seco ($1,33 \text{ mL} \pm 0,12$) e inferior ao do período de transição seco-chuvoso ($1,91 \text{ mL} \pm 0,07$) no qual foi encontrado o maior volume no ano ($P < 0,05$). O volume de sêmen encontrado para os bodes Saanen no clima tropical do nordeste do Brasil foi superior aos achados de Karagiannidis *et al.* (2000) na Grécia que trabalhando com a mesma raça encontraram valores de $1,15 \pm 0,03 \text{ mL}$. Hiroe & Tomizuka, (1966) obtiveram menor volume e concentração de espermatozóides em TA elevada, enquanto Murugaiyah, (1992) encontrou menor volume em período de alta UR em caprinos indianos.

A motilidade massal e a motilidade progressiva individual dos bodes Saanen não mostraram diferença estatística significativa entre os períodos do ano estudado.

A porcentagem de espermatozóides móveis (PEM) de bodes Saanen em clima tropical não diferiu significativamente entre os períodos, chuvoso e de transição chuvoso-seco. No entanto, foi significativamente diferente nos períodos, seco e de transição seco-chuvoso ($P < 0,05$). Os melhores valores da PEM foram encontrados no primeiro semestre do ano, apesar de serem valores baixos para reprodutores da raça Saanen, indicando que neste clima, estes animais são afetados, independentemente, do período do ano. Já que, no segundo semestre, durante os períodos seco e de transição seco-chuvoso, a elevada TA do clima tropical promoveu efeitos deletérios sobre as características seminais reduzindo significativamente a PEM, bem como, elevando o número de células morfologicamente anormais, percentual este também encontrado por Coelho *et al.* (2006), que também consideram a motilidade individual progressiva (MIP) afetada, característica esta não observada no presente estudo, concordando com Wald *et al.* (1988) que também não encontraram diferença significativa anual na MIP de caprinos no Sul do Brasil. Apesar dos valores da PEM apresentarem-se baixos, durante o ano todo, os valores da MIP mostraram que os espermatozóides dos bodes Saanen em clima tropical possuem capacidade fertilizante.

Durante o período chuvoso foram encontrados os maiores valores da concentração espermática $2,3 \pm 0,13 (X 10^9/\text{ml})$ que diferiu dos outros períodos ($P < 0,05$). Já no restante do ano, durante os períodos de transição entre si e em relação ao período seco, não houve diferença significativa na concentração espermática dos bodes Saanen. Conforme o esperado

observou-se que, no período do ano no qual o volume foi maior, a concentração espermática foi inversamente proporcional a este, ocorrendo na transição seco-chuvoso. Logo, o período chuvoso favoreceu o aumento na concentração espermática de bodes Saanen em função de, a TA ser a mais amena do ano, favorecendo a termorregulação testicular.

As patologias espermáticas dos bodes Saanen ocorreram em menor incidência no período chuvoso $31 \pm 3,8$ em comparação ao período seco $45 \pm 3,6$ ($P < 0,05$), no entanto, nos períodos de transição apareceram semelhantemente ao período chuvoso. Vale ressaltar que verificou-se porcentagens elevadas durante todo o ano, no clima tropical, sendo este considerado o principal indício de diminuição da qualidade espermática. Consequentemente, a alta porcentagem de patologias espermáticas encontrada, mostra que os bodes Saanen são afetados durante todos os períodos do ano, quando criados no clima tropical. Em ambientes onde o ITU está fora da zona de conforto térmico dos reprodutores a termorregulação testicular é afetada, elevando as patologias e interferindo nos parâmetros seminais. Para Marai *et al.* (2007), o estresse térmico pode causar a interrupção temporária da produção de espermatozoides, a diminuição da motilidade espermática e aumentar as anormalidades, que parecem ser os critérios mais sensíveis na avaliação da qualidade seminal de ovinos. Em bodes Saanen os parâmetros seminais mais afetados no clima tropical foram a PEM e as patologias espermáticas.

Tabela II. Médias aritméticas e erro padrão das características seminais em diferentes períodos do ano, de reprodutores Saanen criados em clima tropical no estado do Ceará, Brasil. (Arithmetic means and standard error of the seminal characteristics in different periods of the year in Saanen bucks raised on tropical climate in the state of Ceará, Brazil).

Características Seminais	Período Chuvoso	Transição Chuvoso-seco	Período Seco	Transição Seco-chuvoso
Volume	$1,63 \pm 0,08^a$	$1,33 \pm 0,12^{ab}$	$1,52 \pm 0,14^{ab}$	$1,91 \pm 0,07^{ac}$
MM	$2,68 \pm 0,21^a$	$2,79 \pm 0,40^a$	$3,13 \pm 1,12^a$	$2,20 \pm 0,23^a$
MIP	$3,74 \pm 0,90^a$	$3,87 \pm 0,95^a$	$3,31 \pm 1,1^a$	$2,37 \pm 0,23^a$
PEM	$54 \pm 4,2^a$	$50 \pm 5,8^{ac}$	$30 \pm 4,5^b$	$33 \pm 3,3^b$
Concentração	$2,3 \pm 0,13^a$	$1,8 \pm 0,19^b$	$1,9 \pm 0,09^b$	$1,6 \pm 0,09^b$
Patologias	$31 \pm 3,8^a$	$36 \pm 4,2^a$	$45 \pm 3,6^{ab}$	$33 \pm 2,2^a$

O tempo de reação frente à fêmea em estro (libido) foi significativamente superior no período seco ($P < 0,05$), quando a TA estava mais elevada; enquanto o menor tempo foi registrado no período chuvoso, que não diferiu dos períodos de transição.

A temperatura superficial dos testículos (TST), tanto o esquerdo (TSTE) quanto o direito (TSTD) foi mais elevada no período seco ($P < 0,05$), devido à alta TA registrada nesta época do ano. Entre os períodos de transição não houve diferença estatística significativa, enquanto que, durante o período chuvoso registraram-se os menores valores da TST ($P < 0,05$).

A melhor libido dos bodes Saanen no clima tropical durante o período chuvoso, com o menor tempo de reação frente à cabra em estro, confirma os melhores parâmetros seminais encontrados nos períodos do ano em que a TA é mais amena (Nunes, 1988). Contrariamente, no período seco obteve-se o pior tempo de libido, onde ocorreram as mais elevadas TST, concordando com Marai *et al.* (2007) que registraram em ovinos uma significativa correlação positiva entre, a temperatura da pele escrotal o tempo de reação e, o percentual de anomalias espermáticas, também encontrado no presente estudo.

A circunferência escrotal (CE) dos bodes Saanen no clima tropical foi menor no período chuvoso ($P < 0,05$), diferindo estatisticamente dos demais períodos. Entre os períodos de transição não houve diferença significativa e o maior valor da CE foi encontrada no período seco ($P < 0,05$) do ano. Entre os parâmetros avaliados no exame de reprodutores, o mais utilizado, em função da facilidade de aferição é a CE. No período chuvoso onde a média de TA foi menor do que a do período seco obteve-se a menor CE mensurada no ano, isto se explica devido à contração da túnica de dartos e do músculo cremáster, que aproxima os testículos para mais perto da cavidade pélvica, permitindo uma melhor termorregulação testicular e, conseqüentemente, menores TST, pela redução na troca de calor com o ambiente. Em carneiros, Marai *et al.* (2007) encontraram uma correlação positiva entre a temperatura escrotal diminuída e a retração do escroto. Já no período seco onde se encontra a TA máxima do ano, que desencadeia as mais elevadas TST foi encontrada a maior distensão escrotal, tendo em vista que, a temperatura escrotal depende da produção metabólica de calor, da troca de calor com o restante do corpo através da circulação escrotal, e do ambiente circundante (Maloney & Mitchell, 1996), onde o calor perde-se a partir do testículo e escroto para o ambiente, através das glândulas sudoríparas da pele escrotal (Setchell, 2006). Nesta situação ocorre relaxamento da túnica de dartos e do músculo cremáster que distendem, aumentando a troca de calor e, em consequência, aumentando a CE, para a termorregulação testicular ser mais efetiva. Al-Ghalban *et al.* (2004) também encontraram os maiores valores de CE para bodes da raça Damascus durante os meses mais quentes do ano.

Já o comportamento da testosterona (T) foi singular tendo suas concentrações limites nos períodos de transição, a menor na transição chuvoso-seco e a maior concentração na corrente

sanguínea dos bodes Saanen na transição seco-chuvoso ($P < 0,05$) e, entre os períodos chuvoso e seco não houve diferença estatística significativa no nível de T dos reprodutores Saanen. O perfil plasmático da T dos bodes Saanen não foi afetado pela TA elevada do clima tropical, assim como, os parâmetros seminais. Contrariamente, a concentração da T aumentou nos períodos mais quentes do ano; concordando com os achados de Coelho *et al.* (2008) que encontraram valores médios da T mais elevados em caprinos submetidos ao estresse térmico com TA média de $34,0 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$, comparativamente a animais em termoneutralidade, além de constatar que bodes da raça Saanen apresentaram valores mais elevados do que os da raça Parda Alpina.

Entretanto, estudos relataram o impacto do estresse térmico sobre a secreção de testosterona em reprodutores (Gomes *et al.*, 1971; Sidibe *et al.*, 1992). É sabido que durante o estresse o fluxo de sangue para os testículos é diminuído, com diminuição nos níveis sanguíneos de T (Kraut *et al.*, 2004; Chichinadze & Chichinadze, 2008). No entanto, há também relatos sugerindo que o estresse não é, invariavelmente, responsável por inibir a atividade dos testículos (Hjollund *et al.*, 2004, Yilmaz, 2003). Além disso, o nível de T no sangue pode ser aumentado na fase inicial do estresse agudo (Rivier & Rivest, 1991, Wingfield & Sapolsky, 2003).

De fato, variações nas concentrações plasmáticas de testosterona nem sempre estão relacionadas com a atividade reprodutiva dos machos (D'Occhio & Brooks, 1983). Segundo Blackshaw *et al.* (1973), temperaturas elevadas têm efeito deletério na espermatogênese de ratos devido à perda de células germinativas. Entretanto, a apoptose testicular induzida pelo estresse térmico atua por um mecanismo fisiológico independente daquele observado, quando da apoptose testicular induzida por depleção dos níveis de T (Yin *et al.*, 1998). Adicionalmente, o estresse térmico produzido por diferentes técnicas tem afetado de forma diferenciada as células testiculares. Contudo, não existem evidências de que as células de Leydig e a produção de andrógenos sejam diretamente afetadas (Setchell, 2006). Alguns experimentos mostraram aumento do nível de T durante o estresse, quando o nível de LH era constante, ou mesmo diminuído (Wingfield & Sapolsky, 2003). Existem alguns relatos sugerindo que, durante eventos estressantes um baixo nível de LH não tem qualquer influência sobre a atividade secretora dos testículos (Knol, 1991; Dong *et al.*, 2004; Chichinadze & Chichinadze, 2008).

Tabela III. Médias e erro padrão da libido, circunferência escrotal, temperatura superficial dos testículos esquerdo e direito e testosteronemia de reprodutores Saanen em diferentes períodos do ano, criados no clima tropical. (Means and standard error of the libido, scrotal circumference, testicular superficial temperature right and left and serum levels of testosterone of Saanen breeders in different periods of the year, raised in tropical climate).

Características reprodutores	Período Chuvoso	Transição Chuvoso-seco	Período Seco	Transição Seco-chuvoso
Libido (s)	22,1 ± 2,6 ^{ab}	38,2 ± 8,4 ^{ab}	55,4 ± 10 ^b	41,4 ± 6,9 ^{ab}
CE (cm)	29,7 ± 0,2 ^a	31,5 ± 0,3 ^b	32,5 ± 0,3 ^c	31,0 ± 0,3 ^b
TSTE (°C)	31 ± 0,2 ^a	31,5 ± 0,1 ^b	32,1 ± 0,1 ^c	31,1 ± 0,2 ^b
TSTD (°C)	30,7 ± 0,2 ^a	31,6 ± 0,1 ^b	32,1 ± 0,1 ^c	31,3 ± 0,4 ^b
Testosterona (ng/mL)	5,62 ± 0,57 ^a	2,81 ± 0,64 ^{ac}	7,33 ± 0,97 ^{ab}	8,99 ± 1,26 ^{ab}

CONCLUSÕES

As variações sazonais dos parâmetros seminais de bodes Saanen mostram que, há uma queda transitória na qualidade do sêmen dos animais, quando criados em regiões de clima tropical, no segundo semestre do ano, concluindo que, o melhor período para realização das estações de monta seria no primeiro semestre.

Os resultados obtidos no ambiente tropical apontam, não somente, para os efeitos deletérios dos períodos mais quentes do ano, sobre a qualidade do sêmen caprino, mas também, fomentam discussão sobre a sensibilidade da raça Saanen ao estresse térmico, deduzindo que, ao ser utilizado esta raça em programas de melhoramento genético nessas regiões, deve ser oferecida condições de manejo para que seu genótipo possa ser expresso com mais eficiência.

BIBLIOGRAFIA

- AL-GHALBAN, A.M., TABBAA, M.J., KRIDLI, R.T., 2004. Factors affecting semen characteristics and scrotal circumference in Damascus bucks. *Small Rum. Res.*, 53: 141-149.
- ALMEIDA, A.M., SCHWALBACH, L.M.J., CARDOSO, L.A., GREYLING, J.P.C. 2007. rotal, testicular and semen characteristics of young Boer bucks fed winter veld hay: The effect of nutritional supplementation. *Small Rumin. Res.*, 73 (1-3): 216-220.
- BAÊTA, F.C., SOUZA, C.F., 1997. *Ambiência em edificações rurais e conforto térmico.* Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 246 pp.

- BARBOSA, O.R., SILVA, R.G., 1995. Índice de conforto térmico. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 52 (1): 29-35.
- BLACKSHAW, A.W., HAMILTON, D.J., MASSEY, P.E., 1973. Effects of scrotal heating on testicular enzymes and spermatogenesis in the rat. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26: 1395-1407.
- BLOM E., 1950. Interpretation of spermatic cytology in bulls. *Fertility and Sterility*, 1: 23-35.
- CHEMINEAU P., 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. II. Male mating behaviour, testis diameter, ejaculates characteristics and fertility. *Reprod. Nutr. Develop.*, 26: 453-460.
- CHEMINEAU, P.; DELGADILLO, J.A., 1994. Neuroendocrinologie de la reproduction chez les caprins. *INRA Prod. Anim.*, 7 (5): 315-326.
- CHICHINADZE, K., CHICHINADZE, N., 2008. Stress-induced increase of testosterone: Contributions of social status and sympathetic reactivity. *Physiol. Behav.*, 94 (4): 595-603.
- COELHO, L.A., SASA, A., NADER, C.E., CELEGUINI, E.C.C., 2006. Características do ejaculado de caprinos sob estresse calórico em câmara bioclimática. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 58 (4): 544-549.
- COELHO, L.A., SASA, A., BICUDO, S.D., BALIEIRO, J.C.C., 2008. Concentrações plasmáticas de testosterona, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em bodes submetidos ao estresse calórico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 60 (6): 1338-1345.
- COLAS, G., 1980. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-France II-étude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. *Reprod. Nutr. Develop.*, 20 (6): 1789-1799.
- D'OCCHIO, M.J.; BROOKS, D.E., 1983. Seasonal changes in plasma testosterone concentration and mating activity in Border Leicester, Poll Dorset, Romney and Suffolk rams. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 23: 248-253.
- DONG, Q., SALVA, A., SOTTAS, C.M., NIU, E., HOLMES, M., HARDY, M.P., 2004. Rapid glucocorticoid mediation of suppressed testosterone biosynthesis in male mice subjected to immobilization stress. *J. Androl.*, 25 (6): 973-81.
- ELWISBY, A.B., EL MIKKOWI, P., OMAR, A.A., 1976. Some aspects of reproduction in fat-tailed in the subtropics V. Seasonal variation in sexual desire and semen characteristics. *Beitr. Trop. Landwirtschaft. Veterinarmed.*, 14: 303-311.
- EVANS, G., MAXWELL, W.M.C., 1987. Handling and examination of semen. In: Salamon's Artificial Insemination of Sheep and Goats. *Butterworths*, Sydney, pp. 93-106.

- GOMES, W.R., BUTLER, W.R., JOHNSON, A.D., 1971. Effect of elevated ambient temperature on testis and blood levels and in vitro biosynthesis of testosterone in the ram. *J. Anim. Sci.*, 33: 804-807.
- GUO, C.X., TANG, T.S., MU, X.M., 1999. Cloning of novel temperature-related expressed sequence tags in rat testis during spermatogenesis. *Biochem. Biophys. Res. Com.*, 258 (2): 401-406.
- HIROE, K., TOMIZUKA, T., 1966. Effect of high environmental temperature on the semen production in domestic animals. *Bull. Nat. Inst. Anim. Ind.*, 9: 27-35.
- HJOLLUND, N.H.I., BONDE, J.P.E., HENRIKSEN, T.B., GIWERCMAN, A., OLSEN, J., 2004. Reproductive effects of male psychologic stress. *Epidemiology*, 15 (1): 21-27.
- HULET, C.V., VOIGTLANDER, H.P., POPE, A.L., 1956. The nature of early season infertility in sheep. *J. Anim. Sci.*, 15: 607-615.
- IKEDA, M., KODAMA, H., FUKUDA, J., 1999. Role of radical oxygen species in rat testicular germ cells apoptosis induced by heat stress. *Biol. Reprod.*, 61 (2): 393-399.
- KARAGIANNIDIS, A.; VARSAKELI, S.; KARATZAS, G., 2000. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece. *Theriogenology*, 53: 1285-1293.
- KATZ, L.S., 2007. Sexual behavior of domesticated ruminants. *Horm. Behav.*, 52 (1): 56-63.
- KNOL, B.W., 1991. Stress and the endocrine hypothalamus-pituitary-testis system. *Vet. Q.*, 13 (2): 104-114.
- KRAUT, A., BARBIRO-MICHAELY, E., MAYEVSKY, A., 2004. Differential effects of norepinephrine on brain and other less vital organs detected by a multisite multiparametric monitoring system. *Med. Sci. Moni.*, 10 (7): 215-220.
- KUMAGAI, J., FUKUDA, J., KODAMA, H., 2000. Germ cell-specific shock protein 105 binds to p53 in a temperature-sensitive manner in rat testis. *Eur J Biochem.*, 267 (10): 3073-3078.
- MACHADO, R., FREITAS, A.R., SIMPLÍCIO, A.A., 2000. Flutuações sazonais e efeitos de raça no sêmen caprino. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 27, Viçosa, Brasil, p.176.
- MALONEY, S.K., MITCHELL, D., 1996. Regulation of ram scrotal temperature during heat exposure, cold exposure, fever and exercise. *J. Physiol.*, 496: 421-430.
- MARAI, I.F.M., EL-DARAWANY, A.A., FADIEL, A., ABDEL-HAFEZ, M.A.M., 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Rumin. Res.*, 71 (1): 1-12.

- MELLADO, M., MEZA-HERRERA, C.A., 2002. Influence of season and environment on fertility of goats in a hot-arid environment. *J. Agric. Sci.*, 138 (1): 97-102.
- MOORE, C.R., 1924. Heat application and degeneration testicular; the function of the scrotum. *Am. J. Anat.*, 34: 337-349.
- MURUGAIYAH, M., 1992. Changes in the semen characteristics of Kambing×Katjan crossbreed buck under hot and humid environmental temperatures. In: Lokeshan, R.R., Editor, 1992. Recent advances in goat production. Proc. 5th Int. Conf. Goats, New Delhi, p. 1126–1129.
- NUNES, J.F., 1988. Fatores que influenciam os aspectos quanti-qualitativos do sêmen de caprinos no Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, 12 (2): 77-83.
- OLIVEIRA, R.V., NUNES J.F., SALGUEIRO, C.C.M., CAVALCANTE, J.M.M., MOURA, A.A.A., ARAÚJO, A.A., 2009. Avaliação morfológica de espermatozoides caprinos diluídos e congelados em meio à base de água de coco em pó (ACP-101) ou tris, corados por eosina-nigrosina e azul de bromofenol. *Ciência Animal Brasileira*, 10 (3): 862-869.
- PHILIPS, R.W., MCKENZIE, F.F., 1934. The thermo-regulatory function and mechanism of the scrotum. *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.*, 217: 1-76.
- RASOOLI, A., JALALI, M.T., NOURIA, M., MOHAMMADIANC, B., BARATI, F., 2010. Effects of chronic heat stress on testicular structures, serum testosterone and cortisol concentrations in developing lambs. *Anim. Reprod. Sci.*, 117: 55-59
- RIVIER, C., RIVEST, S., 1991. Effect of stress on the activity of the hypothalamic–pituitary–gonadal axis: peripheral and central mechanisms. *Biol. Reprod.*, 45 (4): 523-532.
- SALVIANO, M.S.; SOUZA, J.A.T., 2008. Avaliação andrológica e tecnologia do sêmen caprino. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, 32 (3): 159-167.
- SANTOS, A.D.F., TORRES, C.A.A.; FONSECA, J.F., BORGES, A.M., COSTA, E.P., GUIMARÃES, J.D., ROVAY, H., 2006. Parâmetros reprodutivos de bodes submetidos ao manejo de fotoperíodo artificial. *R. Bras. Zootec.*, 35 (5): 1926-1933.
- SETCHELL, B.P., 1998. The parkers lecture: heat and testis. *J. Reprod. Fertil.*, 114: 179-194.
- SETCHELL, B.P., 2006. The effects of heat on the testis of mammals. *Anim. Reprod.*, 3: 81-91.
- SIDIBE, M., FRANCO, L.A., FREDRIKSSON, G., MADEJ, A., MALMGREN, L., 1992. Effects on testosterone, LH and cortisol concentrations and on testicular ultrasonographic appearance of induced testicular degeneration in bulls. *Acta Vet. Scand.*, 33: 191-196.
- SILANIKOVE, N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin. Res.*, 35: 181-193.

- TODINI, L., MALFATTI, A., TERZANO, G.M., BORGHESE, A., PIZZILLO, M., DEBENEDETT, A., 2007. Seasonality of plasma testosterone in males of four Mediterranean goat breeds and in three different climatic conditions. *Theriogenology*, 67: 627–631.
- THOM, E.C., 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57-59.
- VOGLER, C.J., SAACKKE, R.G., BAME, J.H., 1991. Effects of scrotal insulation on viability characteristics of cryopreserved bovine semen. *J. Dairy Sci.*, 74: 3827-3835.
- WALD, V.B., JOBIM, M.I.M., OBERST, E.R., 1988. Produção espermática em caprinos: influência etária e sazonal. *A Hora Veterinária*, 7 (42): 45-48.
- WALKDEN-BROWN, S.W., RESTALL, B.J., NORTON, B.W., SCARAMUZZI, R.J., MARTIN, G.B., 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.*, 102: 351-360.
- WINGFIELD, J.C., SAPOLSKY, R.M., 2003. Reproduction and resistance to stress: when and how. *J. Neuroendocrinol.*, 15: 711-724.
- YILMAZ, F.S.H., 2003. Effect of immobilization stress on gonadotropic hormones and gonadal steroid hormones. *Zh. Evol. Biokh. Fiziol.*, 39 (3): 226-228.
- YIN, Y., STAHL, B.C., DEWOLF, W.C., MORGENTALE, A., 1998. Heat-induced testicular apoptosis occurs independently of hormonal depletion. *Apoptosis*, 3: 281-287.
- ZARROUK, A.; SOUILEM, O.; DRION, P.V.; BECKERS, J.F., 2001. Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 145: 98-105.

8 CAPÍTULO 3

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E NÍVEIS PLASMÁTICOS DE CORTISOL, T3 E T4 DE BODES SAANEN EM CLIMA TROPICAL¹

*PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND PLASMA LEVELS OF CORTISOL, T3 AND T4 OF
SAANEN BUCKS IN CLIMATE TROPICAL¹*

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E NÍVEIS PLASMÁTICOS DE CORTISOL, T3 E T4 DE BODES SAANEN EM CLIMA TROPICAL¹

MARIA GORETE FLORES SALLES^{2*}, DAVIDE RONDINA³,
DAVID RAMOS DA ROCHA⁴, ARLINDO ALENCAR ARARIPE MOURA⁴,
AIRTON ALENCAR DE ARAÚJO³

RESUMO - O estudo avaliou a influência dos fatores climáticos sobre os parâmetros fisiológicos e os níveis plasmáticos de cortisol, T3 e T4 de bodes Saanen em clima tropical, nos diferentes períodos do ano e, a ocorrência de estresse térmico. Os períodos do ano foram classificados de acordo com a pluviosidade em: chuvoso, transição chuvoso-seco, seco e transição seco-chuvoso. Para tal avaliaram-se nos diferentes períodos, os parâmetros climáticos de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU). Os parâmetros fisiológicos e climáticos foram coletados três vezes por semana, duas vezes ao dia durante um ano e, foi avaliada a temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR) para verificar a existência de estresse térmico. Quinzenalmente foi coletado o sangue de nove bodes Saanen para avaliar os níveis séricos de T3, T4 e cortisol. Os dados foram expressos em média e erro padrão e avaliados por ANOVA, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com probabilidade de 5% de erro. Com base nos resultados, concluímos que bodes Saanen estão susceptíveis ao estresse térmico em qualquer época do ano, sendo o período de transição seco-chuvoso o mais crítico para os animais, estando os resultados dos dados climáticos, em consonância com as respostas fisiológicas e os perfis hormonais.

Palavras-chave: Caprinos. Clima tropical. Estresse térmico.

* Autor para correspondência.

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias PPGCV – UECE Fortaleza, CE, E-mail: mgfsalles@yahoo.com.br

³Professor Adjunto Faculdade de Veterinária da UECE. Campus do Itaperi, Avenida Paranjana, 1700, CEP: 60.740-903 – Fortaleza, CE, E-mail: davide@pq.cnpq.br

⁴Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, CE. E-mail: davidufc@yahoo.com.br

⁴Professor Depto. de Zootecnia/UFC/CCA - Universidade Federal do Ceará – UFC. Campus do Pici, Fortaleza-CE, E-mail: arlindo.moura@gmail.com

³Professor Adjunto Faculdade de Veterinária da UECE. Campus do Itaperi, Avenida Paranjana, 1700, CEP: 60.740-903 – Fortaleza, CE, E-mail: aaalencar2002@yahoo.com.br ,

PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND PLASMA LEVELS OF CORTISOL, T3 AND T4 OF SAANEN BUCKS IN THE TROPICS

ABSTRACT - The study evaluated the influence of climatic factors on the physiological parameters and plasma levels of cortisol, T3 and T4 of Saanen goats in a tropical climate at different periods of the year and the occurrence of heat stress. The year was divided in four periods, according to rainfall: rainy, rainy-dry transition, dry, dry-rainy transition. To this it was evaluated at different periods, the climatic parameters of ambient temperature (AT) and relative humidity (RH) to calculate the temperature and humidity index (THI). The climatic and physiological parameters were collected three times a week, twice a day for a year and evaluated the rectal temperature (RT) and respiratory frequency (RF) to verify the existence of heat stress. Fortnightly blood was collected from nine Saanen bucks to evaluate serum levels of T3, T4 and cortisol. Data were expressed as mean and standard error and analyzed by ANOVA and means compared by Tukey test at 5% of probability error. Based on the results, we conclude that Saanen bucks are susceptible to heat stress at any time of year and the transition dry rainy period, it the most critical for the animals, and the results of climate data, in consistent with the physiological responses and hormonal profiles.

Keywords: Goats. Tropical climate. Heat stress.

INTRODUÇÃO

A regulação térmica nos animais é regida por processos físicos e fisiológicos (NAZIFI et al., 2003). A dissipação de calor e umidade do animal é regida pela relação entre a produção interna de calor e o potencial de perda de calor, determinado pelas propriedades térmicas do corpo do animal e do ambiente térmico. O animal e seu ambiente formam um sistema, no qual ambos atuam e reagem entre si e, o elemento climático que mais influi no ambiente físico do animal e impõe desconforto é a temperatura ambiente (DUKES; SWENSON, 1996), que quando aliada a alta umidade relativa do ar e intensa radiação solar, constituem elementos meteorológicos estressantes, geralmente associados ao baixo desempenho de rebanhos criados nas regiões tropicais. Sendo que, a intensidade dos efeitos negativos de temperatura ambiente elevada, depende da eficiência dos mecanismos termorreguladores dos animais (STARLING et al., 2005) para manter a homeotermia.

Na adaptação de raças exóticas a ambiente climático diferente ao de sua origem, ocorrem nos animais mudanças físicas, fisiológicas e hormonais, causadas pelas condições sob as quais esses animais vivem. As glândulas adrenais e a tireóide desempenham importantes funções nesse mecanismo (WEBSTER et al., 1991) e, animais bem adaptados, respondem rapidamente às mudanças ambientais, proporcionando os ajustes fisiológicos necessários para a manutenção da homeostasia, requerendo coordenação precisa das respostas autonômicas, neuroendócrinas e comportamentais.

Durante o estresse, a tentativa de sustentar a homeostasia reflete a resposta específica compensatória de adaptação. Depende da ativação de circuitos centrais específicos e é programada genética e constitucionalmente, além de ser constantemente modulada por fatores ambientais (PACÁK; PALKOVITS, 2001). Os efeitos do estresse térmico sobre os padrões hormonais são percebidos na exposição à elevada temperatura ambiente, causando alterações no equilíbrio hormonal de diversas espécies animais com queda na secreção de tiroxina, relacionada com a necessidade de diminuição da termogênese, como passo importante para a redução do estresse térmico. Conquanto, o nível de atividade da glândula tireóide está diretamente relacionado ao nível metabólico, e este com a termogênese (YOUSEF et al., 1967). Como também, a elevação dos níveis de cortisol produzido pelo córtex das adrenais, que atua no armazenamento e liberação da glicose e, serve para mobilizar os carboidratos, lipídeos e proteínas, quando o organismo se acha sob condições estressantes. Em vertebrados, a concentração elevada dos níveis circulantes de cortisol é amplamente usada como um

indicador do estresse fisiológico (ROMERO et al., 2008), demonstrando ser um índice muito sensível de estresse térmico e, indicando o início de fraca tolerância de várias espécies a climas severos (GESQUIERE et al., 2008).

Visando aumento da produção caprina leiteira nos trópicos, a introdução da raça Saanen, requer a necessidade de manejos diferenciados para a ótima expressão de sua produtividade. É fato que esta raça produz em ambiente ao qual seu genótipo não está adaptado e, em diversos estudos se inclui a medida dos níveis sanguíneos dos hormônios das adrenais e da tireóide como indicador da resposta ao estresse térmico.

Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar as respostas fisiológicas dos animais nos diferentes períodos do ano em bodes Saanen criados no clima tropical e avaliar os efeitos estresse térmico sobre os hormônios da tireóide e das adrenais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado entre março de 2008 e março de 2009, no Sítio Esperança, do Lar Antonio de Pádua, Pacatuba, CE, localizado a latitude de 3°53'49,9''Sul, longitude de 38°34'32,5''Oeste e altitude de 69 m. O clima da região é quente e úmido com a temperatura média anual de 28 °C e pluviosidade total em 2008 de 2268.4 mm.

Foram utilizados nove bodes Saanen com peso médio de $67,11 \pm 14,2$ kg e idade média de $3,41 \pm 1,9$ anos. Criados em sistema de confinamento em galpão de alvenaria semi-aberto, com piso de madeira ripado e suspenso, orientação no sentido leste-oeste, pé-direito de 2,2 m com 24 m de comprimento por 12 m de largura e coberto por telha de barro, com área murada de 218 m² ao redor do aprisco para exercícios. Os animais foram alimentados no cocho com concentrado produzido na propriedade contendo 22% PB adicionado de 3% de bicarbonato de sódio (para evitar a formação de urólitos), forragem verde com 70% de capim elefante (*Penisetum purpureum* Schum) misturada a 30% de leucena (*Leucaena leucocephala*) e água “ad libitum”.

Os dados fisiológicos e climáticos foram coletados, simultaneamente, em dois turnos, pela manhã (9:00 h) e pela tarde (13:00 h), três vezes por semana. O ano foi dividido em quatro períodos de acordo com o índice de pluviosidade: 1) Chuvoso: fevereiro, março, abril e maio, 2) Transição chuvoso-seco: junho e julho, 3) Seco: agosto, setembro, outubro e novembro e 4) Transição seco-chuvoso: dezembro e janeiro.

Os dados climáticos de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) foram obtidos por um termohigrômetro digital (Incoterm, Brasil), instalado no galpão, 1M acima do nível do piso. O cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) foi realizado segundo a fórmula proposta por Thom (1958).

$$ITU_{\text{Thom}} = tbs + 0,36 \cdot tpo + 41,5$$

Onde: tbs = temperatura de bulbo seco (°C),

tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C).

Para os dados fisiológicos de temperatura retal (TR) foi introduzido um termômetro clínico veterinário, com escala até 44 °C (Incoterm, Brasil) no reto do animal, a uma profundidade de 5 cm, durante dois minutos e o resultado expresso em graus centígrados (°C). A frequência respiratória (FR) foi obtida pela observação direta dos movimentos do flanco do animal, durante 15 s e, o valor obtido multiplicado por quatro e, o resultado expresso em movimentos por minuto (mov min⁻¹).

Quinzenalmente foram coletadas amostras de sangue por venopunção da jugular em tubos vacutainers de 10 mL heparinizados e, imediatamente centrifugadas a 3000 rpm durante 15 minutos. Os plasmas coletados foram armazenados a -20 °C até a dosagem do cortisol (C), Triiodotironina livre (T3) e tiroxina livre (T4). Todas as amostras de cada bode foram testadas em duplicata.

Para a determinação quantitativa das concentrações plasmáticas de C, T3 livre e T4 livre em plasma utilizou-se a metodologia imunoensaio enzimático de micropartículas (MEIA) no equipamento AxSYM (Abbott, Longford, Irlanda), de maneira precisa no sistema automatizado AxSYM. Foram utilizados 2 Kits AxSYM T3 livre e os resultados expressos em pg/mL, 2 Kits AxSYM T4 livre e os resultados expressos em ng/dL e 2 Kits AxSYM Cortisol e os resultados expressos em µg/dL. O ensaio AxSYM T3 livre demonstrou uma sensibilidade $\geq 1,1$ pg/mL e uma especificidade 0,001% com arraste $\leq 1\%$. O ensaio AxSYM T4 livre demonstrou uma sensibilidade de 0,4 ng/dL e uma especificidade $< 0,5\%$ para L-T3 e aproximadamente 100% para D-T4. O ensaio AxSYM Cortisol demonstrou uma sensibilidade analítica de aproximadamente 0,2 ug/dL.

Foram calculadas as médias, valores máximos e os erros-padrão da média para os dados climáticos e os parâmetros fisiológicos e, as médias e erros-padrão para o nível sanguíneo de T3 e T4 e cortisol, dos reprodutores, nos diferentes períodos do ano. Na análise de variância utilizou-se o modelo GLM do programa estatístico Systat versão 12 para verificar o efeito da

época do ano sobre os parâmetros fisiológicos e sobre os níveis hormonais de T3 e T4 e cortisol, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (matriz de probabilidade de comparação dois a dois) com probabilidade de 5% de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações de temperatura observadas ao longo do ano apresentadas na Figura 1 mostram que, a TA é mais elevada no segundo semestre do ano, tanto com relação aos valores médios quanto aos valores máximos do período seco (31,4 °C e 37 °C) e do período de transição seco-chuvoso (30 °C e 33 °C), diferindo do primeiro semestre, onde os valores médios e máximos da TA durante o período chuvoso (29,5 °C e 33,7 °C) e no período de transição chuvoso-seco (29,5 °C e 33,7 °C) são inferiores ($P<0,05$), confirmando os achados de Martins Jr et al. (2007). Em caprinos, há o estresse térmico quando a TA situa-se entre 35-40 °C, ocorrendo falhas na regulação do calor corporal em TA, igual ou superior a 40 °C.

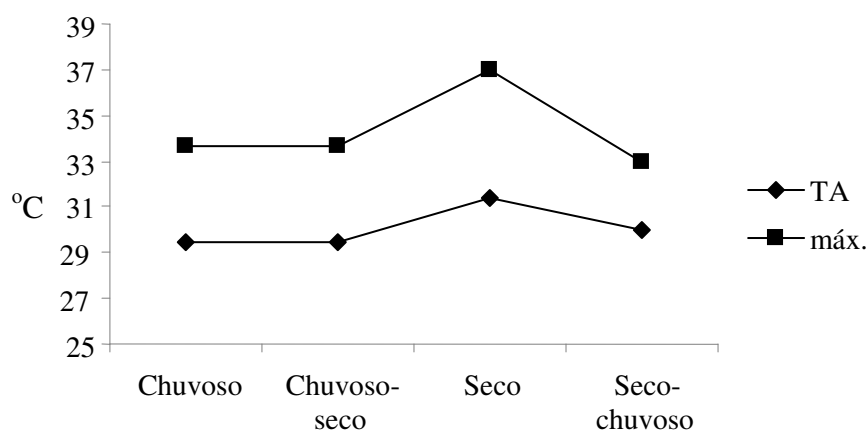


Figura 1. Valores médios e máximos da TA nos diferentes períodos do ano.

Os valores médios e máximos da UR foram superiores durante o período chuvoso (71% e 93%) diferindo do período de transição chuvoso-seco (54% e 72%), do período seco (33% e 57%) e do período de transição seco-chuvoso (41% e 73%) conforme mostra a Figura 2 ($P<0,05$), concordando com os resultados encontrados por Martins Júnior et al. (2007), que encontraram a UR inferior na época seca.

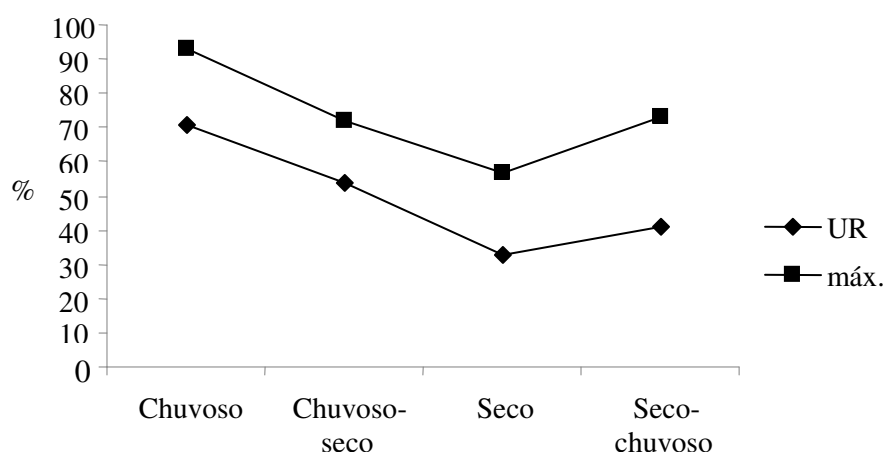


Figura 2. Valores médios e máximos da UR nos diferentes períodos do ano

Os valores médios e máximos do ITU (Figura 3) durante os períodos, chuvoso (80 e 81), de transição chuvoso-seco (78 e 85), seco (77 e 81) e de transição seco-chuvoso (77 e 86) mostram que na maior parte do ano os reprodutores Saanen sofrem situações de estresse térmico. Roberto et al. (2010), trabalhando com caprinos mestiços da raça Boer no Nordeste do Brasil encontraram valores de ITU que indicam situação de perigo (81,38) para o turno da tarde. Índices que expressam o estresse térmico nos animais domésticos permitem conclusões sobre o nível de estresse, que esses animais estão sendo submetidos. Para os animais domésticos em geral, Hahn (1985) considerou que, um valor de ITU inferior ou igual a 70 indica condição normal, não estressante; valores entre 71 e 78 são considerados críticos; entre 79 e 83 indica perigo; e acima de 83 constitui uma situação de emergência (MARTINS JÚNIOR et al., 2007). Esse estudo verificou que, durante o período de transição seco-chuvoso existiram situações de emergência para os bodes Saanen criados em confinamento no clima tropical do Nordeste do Brasil. Além de sugerir que a alta UR influi negativamente no conforto térmico desses animais (NARDONE et al., 2006).

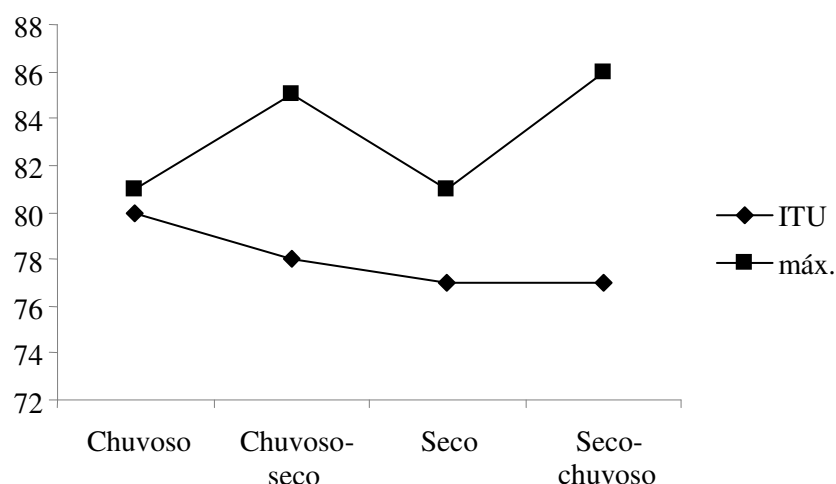


Figura 3. Valores médios e máximos do ITU em diferentes períodos do ano

Os valores médios ($\pm$ EP) da TR (em °C) dos bodes Saanen (Figura 4) criados em clima tropical, encontrados nos diferentes períodos do ano foram: chuvoso ($39,07 \pm 0,01$), transição chuvoso-seco ($38,9 \pm 0,02$), seco ($38,9 \pm 0,01$) e transição seco-chuvoso ($39,01 \pm 0,02$) diferindo em todos os períodos ($P < 0,05$), no entanto os valores máximos deixam claro que, durante o ano estudado houveram momentos de hipertermia nos períodos: chuvoso ($41,4$ °C), transição chuvoso-seco (41 °C), seco (41 °C) e na transição seco-chuvoso (43 °C). Sendo o período de transição seco-chuvoso o de maior propensão a desconforto térmico excessivo, o que foi demonstrado pelos valores máximos do ITU de 86 neste período do ano, demonstrando situação emergencial de estresse térmico.

Para caprinos adultos Martins Júnior, et al. (2007) citam como normal uma variação na TR de $38,5^{\circ}\text{C}$ a $39,7^{\circ}\text{C}$, intervalo este encontrado nos valores médios da TR, no entanto, os valores máximos demonstram que os momentos desconfortáveis existiram e, portanto, requer tomada de atitudes para melhorar o conforto térmico dessa raça caprina criada nos trópicos. De acordo com Dukes e Swenson (1996), uma elevação de 1°C ou menos na temperatura retal é o bastante para reduzir o desempenho na maioria das espécies de animais domésticos.

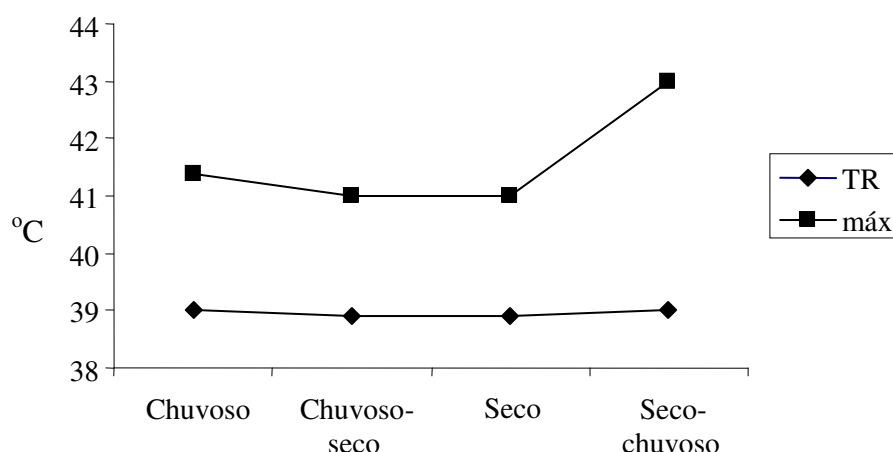


Figura 4. Temperatura retal de bodes saanen em diferentes períodos do ano

Os valores médios da FR (Figura 5) em todos os períodos do ano ficaram muito acima do considerado fisiológico para a espécie caprina, com diferença significativa entre os períodos do primeiro semestre do ano (chuvoso, transição chuvoso-seco) com os períodos do segundo semestre (seco, transição seco-chuvoso) ($P < 0,05$), cujos valores dos movimentos respiratórios/minuto nos diferentes períodos foram de: chuvoso ($70,35 \pm 0,95$), transição chuvoso-seco ($70,18 \pm 1,11$) seco ($76,95 \pm 0,82$) e transição seco-chuvoso ($76,84 \pm 1,16$). Segundo Dukes e Swenson (1996) a FR em caprinos apresenta valor médio de 25 movimentos respiratórios por minuto, variando entre 20 e 34 movimentos. Para Radostits et al. (2002) um aumento elevado da temperatura ambiente pode dobrar a FR normal dos animais, pois os mecanismos termorregulatórios acionados aumentam a perda de calor na forma latente, na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites normais evitando a hipertermia.

Em ovinos, Silanikove (2000), concluiu que a frequência respiratória pode quantificar a severidade do estresse térmico em ruminantes, em que a FR de 40–60, 60–80 e 80–120 mov/min caracterizam, respectivamente, estresse baixo, médio-alto e alto, e acima de 200 mov/min o estresse seria severo.

Os valores máximos da FR foram encontrados no primeiro semestre do ano, correspondendo ao período chuvoso (200 mov/min) e na transição chuvoso-seco (160 mov/min), justamente quando a UR é elevada, demonstram que o organismo encontra-se em situação de estresse térmico, por falhas no mecanismo de termorregulação. Ocorre aumento da FR como forma dissipação de calor, para manter a homeotermia (GOMES et al. 2008) de animais submetidos a ambientes de temperatura elevada, aliada a alta umidade relativa do ar, que dificulta a perda de calor por mecanismos sensíveis.

O aumento da FR, quando considerado por curto período, é um mecanismo eficiente de perda de calor. Porém, quando os valores ultrapassam 120 mov/min o animal está sofrendo com a carga excessiva de calor e, acima de 160 mov/min medidas de emergência devem ser tomadas, a fim de amenizar o estresse térmico (PERISSINOTTO et al., 2009).

Os parâmetros fisiológicos avaliados são considerados bons indicadores de estresse térmico (GOMES et al. 2008), uma vez que, os maiores valores de TR e FR foram verificados em períodos do ano com elevada TA e UR, sendo inquestionável o desconforto térmico que esses animais sofrem principalmente, nos meses dezembro e janeiro do período de transição seco-chuvoso, no clima tropical do estado do Ceará.

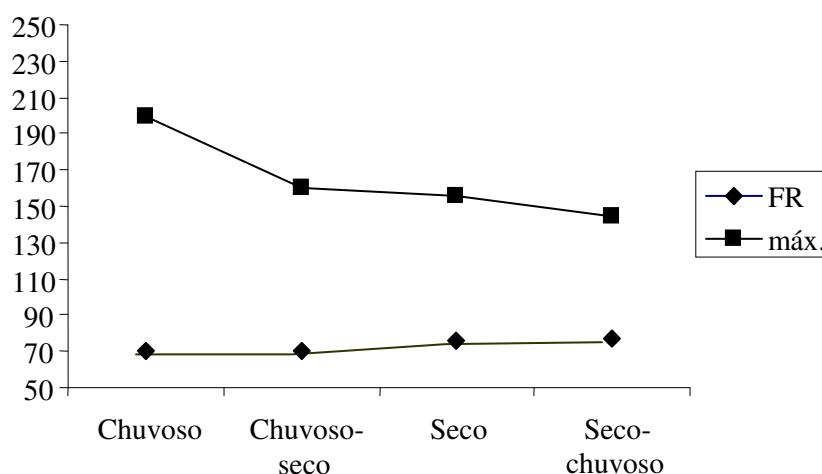


Figura 5. Frequência respiratória de bodes Saanen em diferentes períodos do ano

A Figura 6 mostra que houve uma diminuição na secreção de T3 expressa em pg/mL durante ao período de transição seco-chuvoso ($1,47 \pm 0,14$) em relação aos períodos, chuvoso ($2,0 \pm 0,11$), de transição chuvoso-seco ($1,97 \pm 0,16$) e o seco ($1,97 \pm 0,14$) ($P < 0,05$), demonstrando que nesse período do ano onde a elevada TA, aliada a UR que começa a aumentar, e o ITU demonstrando estado de alerta ou emergência, ocorre estresse térmico em reprodutores Saanen. Tal estresse é verificado pelos valores máximos de TR aonde os animais chegam a apresentar uma elevada hipertermia de 43°C . Estes resultados corroboram com Yousef et al. (1967) que afirmam ser o estresse térmico, responsável pela redução na concentração dos hormônios tireoideanos no organismo dos animais, para que assim, diminua a taxa de calor metabólico e Helal et al. (2010) que observaram em bodes Balady e Damascus hipotireoidismo pelo estresse térmico.

Em ovinos, Starling et al. (2005) encontraram correlação significativa e negativa entre os hormônios tireoideanos e a temperatura ambiente, confirmando a resposta da tireóide às altas temperaturas do ar e a estacionalidade reprodutiva, observando diferença significativa na concentração de T3 entre verão e inverno, com as menores concentrações no verão. O calor causa uma redução no peso das células epiteliais da tireóide, o que afeta a secreção dessa glândula nos meses mais quentes do ano.

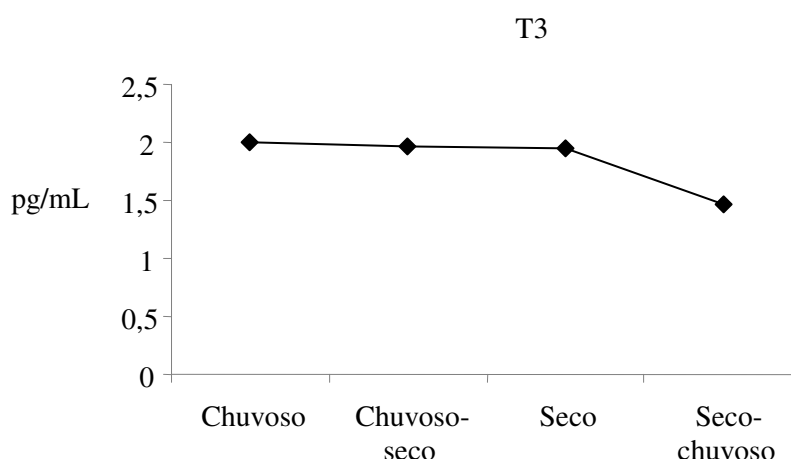


Figura 6. Níveis plasmáticos de T3 em diferentes períodos do ano

Os valores médios da concentração de T4 mostram que não houve diferença entre os períodos do ano, que expressos em ng/dL foram de: chuvoso ($0,84 \pm 0,02$), transição chuvoso-seco ($0,80 \pm 0,04$), seco ($0,74 \pm 0,03$) e transição seco-chuvoso ($0,94 \pm 0,09$) apenas uma tendência de diminuição da secreção no período seco.

A glândula tireóide é um dos órgãos mais sensíveis à variação do calor ambiente e, seus hormônios são importantes moduladores para o desenvolvimento de processos e metabolismo geral (RASOOLI et al., 2004). O T3 é formado ao mesmo tempo em que o T4 e, exerce quase que os mesmos efeitos, exceto pelo fato de que sua ação é várias vezes, mais rápida que o T4. O T4 permanece armazenado no folículo durante várias semanas, antes de ser liberado para o sangue circulante. No momento em que vai ser liberada a tiroxina é desdobrada da molécula de tireoglobulina, por meio de proteases liberadas pelos lisossomas das células foliculares. Uma vez livre a tiroxina difunde das células foliculares para o sangue. No sangue, a tiroxina imediatamente combina com uma proteína plasmática, de onde é liberada, de modo gradual, ao longo de vários dias, para atingir as células dos tecidos. Desse modo, esse processo global assegura um fluxo contínuo, mas muito lento e, devido a essa lentidão alguns dos efeitos da

tiroxina, ainda podem ser notados 6 a 8 semanas de sua formação na glândula tireóide (GUYTON, 2008). Variações estacionais na concentração sérica da tiroxina (T4) e da triiodotironina (T3) de caprinos tem sido reportadas (HELAL et al., 2010).

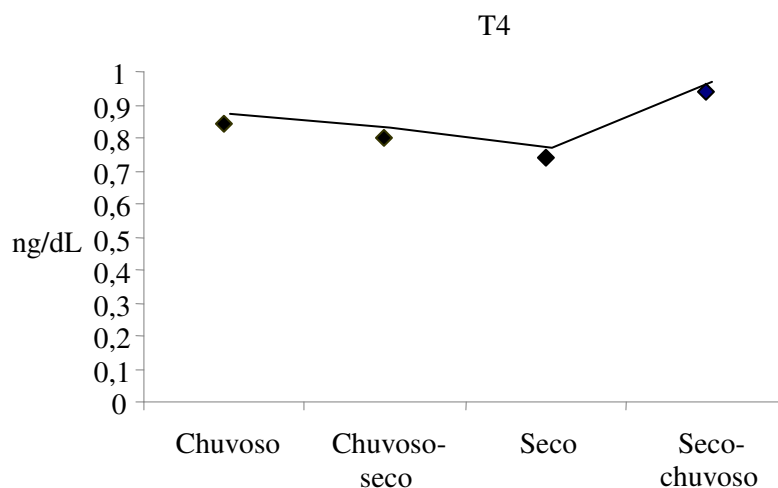


Figura 7. Níveis plasmáticos de T4 em diferentes períodos do ano

Os níveis de cortisol dos bodes Saanen no clima tropical do estado do Ceará (Figura 8) variaram em todos os períodos do ano ($P < 0,05$), os valores médios em $\mu\text{g/mL}$ nos diferentes períodos foram de: no chuvoso (1,08), na transição chuvoso-seco (1,36), no seco (1,43) e na transição seco-chuvoso (2,9) demonstrando que o período mais estressante para os bodes Saanen corresponde aos meses de dezembro e janeiro, onde a elevada TA, aliada ao aumento na UR, coincidindo com o ITU máximo de 86 demonstra ser uma condição de emergência, na qual providências urgentes devam ser tomadas para evitar a morte do animal. Os fatores ambientais estressantes quando identificados por receptores específicos, acionam os mecanismos de reação endócrina que produzem uma resposta no organismo animal (URIBE-VELASQUEZ et al., 1998). Kaushish et al. (1987) relataram que o aumento no nível de cortisol durante o estresse térmico foi significativo em caprinos, sendo que, os níveis sanguíneos são mais elevados após estresse térmico agudo, em comparação a animais que vivem em situação de estresse térmico crônico. Em ovinos, a exposição direta de carneiros à elevada temperatura ambiente aumentou a secreção de cortisol (RASOOLI et al., 2010).

O incremento de glicocorticóides e catecolaminas no plasma sanguíneo envolvem a ativação do sistema nervoso autônomo (SNA) e do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) à frente nos estudos de estresse (GUYTON, 2008). Muitos indicadores fisiológicos são usados para avaliar estratégias de enfrentamento ambiental, tais como as concentrações de cortisol

plasmático, que é um indicador útil de estresse em caprinos. No entanto, as interpretações da ativação desses sistemas estão longe de ser simples (MORMÈDE et al., 2007), necessitando uma avaliação individual dos animais em situação estressante.

O estresse pode ser redefinido como a reação que é desencadeada quando as expectativas, geneticamente programadas, estabelecidas pelo aprendizado prévio ou deduzidas pelas circunstâncias, não correspondem às percepções reais ou antecipadas do ambiente externo ou interno. Esta discrepância entre, o que é esperado ou programado e, o que é observado ou sentido, desencadeia respostas compensatórias, que constituem a reação de estresse. Conclui-se que o tipo de resposta a cada indivíduo frente ao estresse depende, não somente da magnitude e frequência do evento estressor, mas também da união de fatores ambientais e genéticos. Mesmo as capacidades individuais de interpretar, avaliar e elaborar estratégias de enfrentamento parece ser geneticamente influenciado (TEIXEIRA et al., 2008).

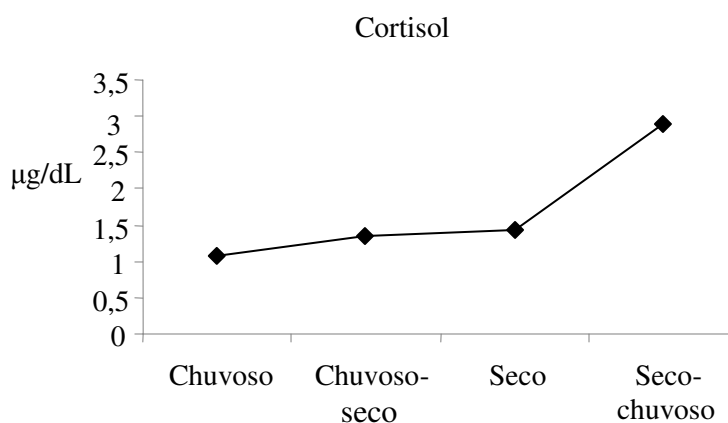


Figura 8. Níveis plasmáticos de cortisol em diferentes períodos do ano

As concentrações séricas dos hormônios T3, T4 e cortisol são afetadas pela temperatura ambiente e umidade relativa do ar, de modo que, durante o estresse térmico, há uma resposta mais rápida do cortisol e maior período de latência na resposta dos hormônios tireoideanos. A utilização destes hormônios como indicadores de estresse térmico, facilita a compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos nos processos de termólise e homeotermia (STARLING et al., 2005).

CONCLUSÃO

Independente do período do ano os reprodutores da raça Saanen estão susceptíveis ao estresse térmico, sendo o período de transição seco-chuvoso o mais crítico para os animais, estando os resultados dos dados climáticos, em consonância com as respostas fisiológicas e os perfis hormonais.

REFERÊNCIAS

DUKES, H. H.; SWENSON, H. J. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 856 p.

GESQUIERE, L. R. et al. Coping with a challenging environment: effects of seasonal variability and reproductive status on glucocorticoid concentrations of female baboons (*Papio cynocephalus*). **Hormones and Behavior**, v. 54, n. 3, p. 410-416, 2008.

GOMES, C. A. V. et al. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 213–219, 2008.

GUYTON, A. C. **Fisiologia humana**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan, 2008, 564 p.

HAHN, G. L. **Management and housing of farm animals in hot environments**. In: YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock: ungulates. Boca Raton: CRC Press. Inc., 1985. v. 2, p. 151-174.

HELAL, A. et al. Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 7, n. 1, p. 60-69, 2010.

KAUSHISH, S. K. et al. Effect of heat and water restriction on physiological responses of Beetal and Black Bengal goats. **Indian Journal of Animal Science**, v. 57, n. 5, p. 461-65, 1987.

MARTINS JÚNIOR, L. M. et al. Respostas fisiológicas de caprinos Bôer e Anglo-Nubiana em condições climáticas de Meio-Norte do Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 2, p. 1-7, 2007.

MORMÈDE, P. et al. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal functions as a tool to evaluate animal welfare. **Physiology and Behavior**, v. 92, n. 3, p. 317–339, 2007.

NARDONE, A. et al. Climatic effects on productive traits in livestock, **Veterinary Research Communications**, v. 30 (Suppl.1), p. 75–81, 2006.

NAZIFI, S. et al. The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations. **Comparative Clinical Pathology**, v. 12, p. 135–139, 2003.

PACÁK, K.; PALKOVITS, M. Stressor specificity of central neuroendocrine response: implications for stress-related disorders. **Endocrine Reviews**, v. 22, n. 4, p. 502-548, 2001.

PERISSINOTTO, M. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1492-1498, 2009.

RADOSTITS, O. M. et al. Clínica veterinária: **Um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1736 p.

RASOOLI, A. et al. The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 5, n. 2, p. 1383-1390, 2004.

RASOOLI, A. et al. Effects of chronic heat stress on testicular structures, serum testosterone and cortisol concentrations in developing lambs. **Animal Reproduction Science**, v. 117, n. 1, p. 55-59, 2010.

ROBERTO, J.V.B. et al. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semi-árido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 127-132, 2010.

ROMERO, L. M. et al. Seasonal glucocorticoid responses to capture in wild free-living mammals. **American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 294, n. 2, p. 614-622, 2008.

SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**, v. 35, p. 181-193, 2000.

STARLING, J. M. C. et al. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 2064-2073, 2005.

TEIXEIRA, G. R. et al. Respostas biológicas ao estresse. **Pubvet**, Londrina, v. 2, n. 31, Ed. 42, Art. 51, 2008. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=51
Acesso em: 09/06/2010..

THOM, E. C. Cooling degrees: day air conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

URIBE-VELASQUEZ, L. F. et al. Concentrações plasmáticas de cortisol, hormônios tireoideanos, metabólitos lipídicos e temperatura corporal de cabras alpinas submetidas ao estresse térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1123-1130, 1998.

WEBSTER, J. R. et al. Role of the thyroid gland in seasonal reproduction. II. Thyroxine allows a season specific suppression of gonadotropin secretion in sheep. **Endocrinology**, v. 129, n. 1, p. 176-183, 1991.

YOUSEF, M. K. et al. Thyroid activity and heat production in cattle following sudden ambient temperature changes. **Journal of Animal Science**, v. 26, n. 1, p. 142-148, 1967.

9 CONCLUSÕES

Com base nos dados climáticos e nas repostas fisiológicas, pode-se concluir que bodes Saanen criados no clima tropical estão susceptíveis ao estresse térmico em qualquer época do ano, sendo o período de transição seco/chuvoso o mais crítico, e que o momento mais propício para tal, independente da época do ano, é o turno da tarde, quando ocorre maior desconforto ambiental para os animais.

Os reprodutores caprinos da raça Saanen são sensíveis às variações sazonais ao longo do ano e apresentam variações nas características reprodutivas (comportamento sexual, circunferência escrotal, características seminais, níveis de testosterona plasmática), bem como nos parâmetros fisiológicos (temperatura retal, frequência respiratória, frequência cardíaca e temperaturas superficiais).

Independente do período do ano os reprodutores da raça Saanen estão susceptíveis ao estresse térmico, sendo o período de transição seco-chuvoso o mais crítico para os animais, estando os resultados dos dados climáticos, em consonância com as repostas fisiológicas e os perfis hormonais.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É preciso sensibilidade para entender que o animal necessita de bem estar para reproduzir e produzir com eficiência. Neste contexto, a relação harmônica entre animal e o ambiente é fator primordial para o sucesso de um criatório.

O estresse térmico é fator limitante para o bem estar de caprinos da raça Saanen nos trópicos. Vários criadores já aprenderam isso com a prática, muito técnicos ainda não.

A relação custo/benéfico da produção de caprinos de leite nos trópicos passa pela escolha de uma raça exótica; contudo, para que estes animais expressem bem seu potencial genético, um alto custo de produção é demandado e nem sempre com benefício, o que pode inviabilizar o sistema de produção. Portanto, a participação de uma genética nativa que atribua aos animais rusticidade para suportar os rigores do clima, se faz necessário e nos leva a repensar a opção de criatórios somente com animais exóticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARYA, R.M.; GUPTA, U.D.; SEHGAL, J.P.; SINGH, M. Coat characteristics of goats in relation to heat tolerance in the hot tropics. **Small Rumin Res**, Amsterdam, v.18, p.245-248, 1995.
- AHMAD, N., NOAKES, D. E. Seasonal variations in testis size, libido and plasma testosterone concentrations in British goats. **Animal Science**, v.61, p.553-559, 1995.
- AHMAD, N.; NOAKES, D.E. Seasonal variations in the semen quality of young British goats. **British Veterinary Journal**, v.2, p.225-236, 1996.
- AKINGBEMI, B.T.; GE, R.; ROSENFELD, C.S.; NEWTON, L.G.; HARDY, D.O.; CATTERALL, J.F.; LUBAHN, D.B.; KORACH, K.S.; HARDY, M.P. Estrogen receptor-alpha gene deficiency enhances androgen biosynthesis in the mouse Leydig cell. **Endocrinology**, v.144, p.84-93, 2003. Acesso em 31/05/2010. Disponível em: <http://endo.endojournals.org/cgi/content/full/144/1/84>
- ALMEIDA, M.M. Vascularização arterial testicular e escrotal de caprinos nativos do Estado do Piauí, segundo grau de divisão do escroto, e a relação com parâmetros reprodutivos. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)- Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2003.
- AL-TAMIMI, H.J. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. **Small Rumin Res**, Amsterdam, v.71, n.1-3, p. 280-285, 2007.
- AMANN, R.P.; SCHANBACHER, B.D. Physiology of male reproduction, **Journal of Animal Science**, Champaign, v.57 (Suppl.2), p.380-403, 1983.
- AMARAL D.F. Fotoperíodo e condição corporal nas respostas fisiológicas, hormonais e sanguíneas de ovelhas. 2008. 40p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- ANDRADE, A.P.; SOUZA, E.S.; SILVA, D.S. et al. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos pulsos-reserva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.138-155, 2006 (supl.especial).
- APPLEMAN, R.D.; DELOUCHE, J.C. Behavioral, physiological and biochemical responses of goats to temperature, 0° to 40°C. **J Anim Sci.**, Champaign, v.17, p.326-335, 1958.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- ARRUDA, F.A.V.; FIGUEIREDO, E.A.P.; PANT, K.P. Variação da temperatura corporal de caprinos e ovinos sem-lã em Sobral. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.19, n.7, p.915-919, jul.1984.
- ARRUDA, F.A.V.; PAINT, K.P. Tolerância ao calor de caprinos e ovinos sem lã em Sobral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p.379-385, 1985.

AUMONT, G.; LAMAND, M.; TRESSOL, J. C. Iodine nutrition in ewes: effects of low to high iodine intake on iodine content of biological fluids in pregnant and lactating ewes. **Reprod. Nutr. Dev.**, Paris, v.29, n1, p.113-125, 1989.

BACCARI Jr, F. Métodos e técnicas de avaliação de adaptabilidade às condições tropicais In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1., 1986, Fortaleza. Anais... Fortaleza: [s.n.], 1986. p. 9-17.

BACCARI Jr, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1990, Sobral, CE. **Anais...** Sobral: Embrapa- CNPC, 1990. p. 9-17.

BACCARI Jr., BRASIL, L.H.A., TEODORO, S.M. et al. Thermoregulatory responses of Alpine goats during thermal stress. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT, 1997, Minneapolis. *Proceedings...* Minneapolis: ASAE, 1997. p.789-794.

BACCARI Jr, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 142p.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais e conforto térmico**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1997. 246p.

BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. da; SCOLAR, J.; GUEDES, J. M. F. Utilização de um índice de conforto térmico em zoneamento bioclimático da ovinocultura. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v.52, n.1, p.37-47, 1995.

BARBOSA, O.R.; TUTIDA, L.; HUBLER, M.R.N.O.; AKIMOTO, L.S.; MORAES, G.V. Influência das estações do ano nas concentrações séricas de 3,5,3' triiodotironina (T3), tiroxina (T4) e testosterona (Tes) de carneiros. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.599-605, 1999.

BARIL, G.; CHEMINEAU, P.; COGNIE, Y.; GUÉRIN, Y.; LEBOEUF, B.; ORGEUR, P.; VALLET, J.C. Manuel de formation pour l'insemination artificielle chez les ovins et les caprins. **INRA**. Nouzilly, 231p, 1993.

BARRA, G.B.; VELASCO, L.F.R.; PESSANHA, R.P.; CAMPOS, A.M.; MOURA, F.N.; DIAS, S.M.G.; POLIKARPOV, I.; RIBEIRO, R.C.J.; SIMEONI, L.A.; NEVES, F.A.R. Mecanismo molecular da ação do hormônio tireoideano. **Arq Bras Endocrinol Metab.**, São Paulo, v.48, n.1, Feb. 2004.

BARROS, C.M.Q.; OBA, E.; SIQUEIRA, J.B.; LEAL, L.S. KASTELIC, J.P. Efeito da temperatura ambiente sobre as temperaturas escrotal, intratesticular, intravascular e fluxo sanguíneo testicular de touros. **Veterinária e Zootecnia**, v.16, n.2, p.354-362, jun., 2009.

BARTALENA, L. Recent achievements in studies on thyroid hormone-binding proteins. **Endocrine Reviews**, v.11, p.47-64, 1990.

BATTACHARYA, A. Research on goat nutrition and management in Mediterranean Middle East and adjacent area countries, **Journal of Dairy Science**, v. 63, p.1681–1700, 1980.

BEARDEN, H.J.; FUQUAY, J.W. Spermatogenesis and Maturation of Spermatozoa. In: Bearden, H.J.; Fuquay, J.W. **Applied animal reproduction**. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. p.67-77.

BERBIGIER, P.; CABELLO, G. Effect of exposure to full sunshine on temperature regulation of pregnant dwarf goats of Guadeloupe (French West Indies), and on birth weight, T3 and T4 plasma levels of newborn kids. **J. Thermal Biol.**, v.15, p.109-113, 1990.

BECKER-SILVA, S.C.; MARQUES JR., A.P.; ANDRADE, P.V.D. Sexual development in Saanen bucks from birth to 12 months old. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 7., 2000, France. Proceedings... France: 2000. p.427-429.

BERNADÁ, M.H.G. Metabolismo do iodo. 2004. 12p. (Seminário na disciplina Bioquímica do Tecido Animal). Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

BIANCA W., The significance of meteorology in Animal Production. **International Journal of Biometeorology**, v.20, n.2, p.139–156, 1976.

BIANCA, W.; KUNS, P. Physiological reactions of three heeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, v.5, n.1, p.57-69, 1978.

BILLINGS, H.J.; VIGUIE, C.; KARSCH, F.J.; GOODMAN, R.L.; CONNORS, J.M.; ANDERSON, G.M. Temporal requirements of thyroid hormones for seasonal changes in LH secretion. **Endocrinology**, v.143, p.2618–2625, 2002.

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.**, v.86, p.531-6, 1992.

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

BLINGH, J., JOHNSON, K.G. Glossary of terms for thermal physiology. **J. Appl. Physio.**, v.35, p.941-961, 1973.

BLOTTNER, S.; WARNKE, C.; TUCHSCHERER, A.; HEINEN, V.; TORNER, H. Morphological and functional changes of stallion spermatozoa after cryopreservation during breeding and non-breeding season. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 65, p. 75 – 88, 2001

BONGSO, T.A.; JAINUDEEN, M.R.; ZAHRAH, A.S. Relationship of scrotal circumference to age, body weight and onset of spermatogenesis in goats. **Theriogenology**, v.18, n.5, p.513-524, 1982.

BOONSTRA R. Equipped for life: the adaptive role of the stress axis in male mammals. **J Mammal.**, v.86, n.2, p.236–47, 2005.

BORGOHAIN, B.N.; BENJAMIN, B.R.; BARUAH, B.; JOSHI, B.C. The testicular consistence and scrotal circumference in relation to seminal characteristics among goats (*Capra hircus*). **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, v.53, n.11, p.1233-1235, 1983.

BORUT, A., DMI'EL, R.; SHKOLNIK, A. Heat balance of resting and walking goats: Comparison of climatic chamber and exposure in the desert. **Physiol. Zool.**, v.52, p.105, 1979.

BRASIL, L.H.A.; WECHESLER, F.S.; BACCARI JUNIOR, F.; GONÇALVES, H.C.; BONASSI, I.A. Efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.1632-1641, 2000.

BRION, A. **Vademecum del veterinário**. 2. ed. Barcelona: Gea, 1964. 732 p.

BRTKO, J.; PASCUAL, A.; ARANDA, A.; 3,5,3'-Triiodothyronine nuclear receptors and their role in the thyroid hormone action. **Endocr. Regul.**, Bratislava, v.28, n.3, p.107-115, sep. 1994.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC, J.P. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology**, v.61, p.511-528, 2004.

BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas - Revisão. **Revista Archives of Veterinary Science**, v.9, n.2, p. 1-11, 2004.

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; HAHN, G.L.; CAMPOS, O.F.; SILVA, J.F.C.; MILAGRES, J.C.; SAMPAIO, A.O. Comportamento de ovinos submetido a três níveis de temperatura ambiente. **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, p.231-242, 2003.

BUENDÍA, P.; SOLER, C.; PAOLOCCHI, F.; GAGO, G.; URQUIETA, B.; PÉREZ-SÁNCHEZ, F.; BUSTOS-OBREGÓN, E. Morphometric characterization and classification of alpaca sperm heads using the Sperm-Class Analyser computer-assisted system. **Theriogenology**, New York, v. 57, p. 1207 – 1218, 2002.

BUFFINGTON, D.E.; COLLIER, R.J.; CANTON, G.H. Shed management systems to reduce heat stress for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, 16p, Paper 82-4061, 1982.

CANNON, W. The emergency function of the adrenal medulla in pain and in the major emotions. **Am. J. Physiol.**, v.33, p.356-372, 1914.

CANNON, W.; DE LA PAZ, D. Emotional situation of adrenal gland secretion. **Am. J. Physiol.**, v.28, p.64-70, 1911.

CANNON, W.; LISSAK, K. Evidence for adrenaline in adrenergic neurones. **Am. J. Physiol.**, v.125, p.765-777, 1914.

CARTHY, J.D.; HOWSE, P.E. **Comportamento animal**, v.14, p.1-8, 1980.

CARVALHO, F.A.; LAMMOGLIA, M.A.; SIMÕES, M.J.; RANDEL, R.D. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.12, p.3570-3573, 1995.

CASTRO, A. **A cabra**. Fortaleza: S.A.A., 1979. 365p.

CAVALCANTE, T.V. Concentrações plasmáticas de testosterona e fertilidade de machos caprinos das raças Boer e Alpina durante as estações, reprodutiva e não reprodutiva. 2003. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, Jaboticabal, 2003.

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

CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. III. Water vapour diffusion. **Proceedings the Royal Society of London B**. v.188, p.413-423, 1975.

CHEMINEAU, P.; COGNIÉ, Y.; GUÉRIN, Y. **Training manual on artificial insemination in sheep and goats**. Rome: Italy, 1991. 222p.

CHEMINEAU P. Medio ambiente y reproducción animal. Acesso 29/05/2010. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/feedback/war/v1650b/v1650b04.htm>

CHEMINEAU, P., DAVEAU, A.; COGNIÉ Y.; AUMONT, G.; CHESNEAU, D. Seasonal ovulatory activity exist in tropical Creole female goats and Black Belly ewes subjected to a template photoperiod. **BMC Physiol**, v. 27, p.4-12, 2004.

CHICHINADZE, K.; CHICHINADZE, N. Stress-induced increase of testosterone: Contributions of social status and sympathetic reactivity. **Physiol. Behav.**, v.94, n.4, p.595-603, 2008.

CHOPRA, I.J.; SACK, J.; FISHER, D.A. 3,3',5'-Triiodothyronine (Reverse T3) and 3,3,5'-Triiodothyronine (T3) in fetal and adult sheep: studies on metabolic clearance rates, production rates, serum binding, and thyroidal content relative o thyroxine. **Endocrinology**, v.97, p.1080–1088, 1975.

CHOPRA, I.J.; HUANG, T.S.; BEREDO, A.; SOLOMON, D.H.; CHUA TECO, G.N.; MEAD, J.F. Evidence for an inhibitor of extrathyroidal conversion of thyroxine to 3,5,3'-triiodothyronine in sera of patients with nonthyroidal illnesses. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 60, p.666–672, 1985.

COELHO, D.F.B.O. Atividade nucleolar durante a espermatogênese de bovinos (*Bos indicus*). 2007. 41p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

COELHO, L.A.; SASA, A.; NADER, C.E.; CELEGUINI, E.C.C. Características do ejaculado de caprinos sob estresse calórico em câmara bioclimática. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.544-549, 2006.

COELHO, L.A.; SASA, A.; BICUDO, S.D.; BALIEIRO, J.C.C. Concentrações plasmáticas de testosterona, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em bodes submetidos ao estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.60, n.6, p.1338-1345, 2008.

COLAS, G. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le belier Ile-de-France I. Etude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. **Reproduction Nutrition Development**, v. 20, n. 6, p.1789-1799, 1980.

COLODEL, M.M. Concentrações séricas de triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em ovelhas da raça Crioula lanada durante a gestação e lactação. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade do Estado de Santa Catarina – Florianópolis, 2005.

CONSTEN, D.; BOGERD, J.; KOMEN, J.; LAMBERT, J.G.D.; GOOS, H.J.T. Long-term cortisol treatment inhibits pubertal development in male common Carp, *Cyprinus carpio* L. **Biology of Reproduction**, v.64, p.1063-1071, 2001.

CORTEEL, J. M. Effets du plasma séminal sur la survie et la fertilité des spermatozoïdes conservés *in vitro*. **Reproduction Nutrition Development**, Jouy-en-Josas, v.20, n.4, p.1111-1123, 1980.

CORTEEL, J.M. Collection, processing and artificial insemination of goat semen. In: GALL, C. **Goat production**. London: Academic Press, p. 171-191, 1981.

COSTA, L.A.B. Índices de conforto térmico e adaptabilidade de fêmeas bubalinos em pastejo no agreste de Pernambuco. 2007. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

COSTA, F.Q. Degeneração térmica testicular – ocorrência, análise e solução para garantir eficiência reprodutiva de touros. 2007. 63p. Monografia (Especialização em Produção e Reprodução em Bovinos) – Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, 2007.

COUROT, M.; ORTAVANT, R. Endocrine control of spermatogenesis in the ram. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.30, p.47-60, 1981.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 454p.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University, 1983. 410 p.

DADOUNE, J.; DEMOULIN, A. Structure and functions of testis. In: THIBAUT, C.; LEVASSEUR, M. C.; HUNTER, R. H. F. **Reproduction in mammals and man**. Paris: Ellipses, 1993. Cap. 13, p. 227-255.

DANTAS, V.M. Efeito da sazonalidade nas características reprodutivas de bodes e carneiros. 2009. 20P. Revisão de literatura apresentada como parte das exigências da disciplina Seminário I. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

DARBEIDA, H.; BRUDIEUX, R. Seasonal variations in plasma testosterone and dihydrotestosterone levels and in metabolic clearance rate of testosterone in rams in Algeria. **J. Reprod. Fertil.** v.59, n.1, p.229-235, 1980.

DAVIS, P.J.; TILLMAN, H.C.; DAVIS, F.B.; WEHLING, M. Comparison of the mechanisms of nongenomic actions of thyroid hormone and steroid hormones. **Journal of Endocrinological Investigation**, v.25, p.377–388, 2002.

DE LA SOTA, R.L.; RISCO, C.A.; MOREIRA, F. Efficacy of a timed insemination program in dairy cows during summer heat stress. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74 (Supl.1), p.133, 1996.

DE LA VEGA. A. RUIZ, R. WILDE, O. R. Relación de la circunferencia escrotal com algunos parâmetros de calidad seminal em caprinos criollos de la provincia de Tucumán (Argentina). **Zootecnia Trop.** v.19, p.455-63, 2001.

DELGADILLO, J.A.; LEBOEUF, B.; CHEMINEAU, P. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. **Theriogenology**, v.36, p.755-770, 1991.

DERIVEAUX, J. **Fisiopatologia de la reproduction y insemination artificial de los animales domesticos**. Zaragoza, Acirba, 1967. 416p.

DICKSON, W. M. Endocrinologia, reprodução e lactação. Glândulas endócrinas In: SWENSON, M. J., REECE, W. O. **Dukes Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. p. 572-614.

DOHAN, O.; DE LA VIEJA, A.; PARODER, V.; RIEDEL, C.; ARTANI, M.; REED, M.; GINTER, C.S.; CARRASCO, N. The sodium/iodide symporter (NIS): characterization, regulation, and medical significance. **Endocr. Rev.**, Baltimore, v.24, n.1, p.48-77, feb. 2003.

DOMENICE, S.; COSTA, E.M.F.; CORRÊA, R.V.; MENDONÇA, B.B. Aspectos Moleculares da Determinação e Diferenciação Sexual. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.46, n.4, p.433-443, 2002.

DONG Q.; SALVA, A.; SOTTAS, CM.; NIU, E.; HOLMES, M.; HARDY, M.P. Rapid glucocorticoid mediation of suppressed testosterone biosynthesis in male mice subjected to immobilization stress. **J Androl**, v.25, n.6, p.973–81, 2004.

D'OCCHIO, M. J.; BROOKS, D. E. Seasonal changes in the plasma testosterone concentration and mating activity in Border Leicester, Poll Dorset, Romney and Suffolk rams. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** v.23, p. 248-253, 1983.

DUKES, H.H.; SWENSON, H.J. Fisiologia dos animais domésticos. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara 1996, 856p.

DU PREEZ, J. D.; GIESECKE, W. H.; HATTINGH, P. J. ; EISENBERG, B. E. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **Onderstepoort J. Vet. Res.**, v.57, p.183-187, 1990.

EATON, O.N.; SIMMONS, V.L. A semen study of goats. **American Journal of Veterinary Research**, Michigan, v. 13, p. 537 – 544, 1952.

ELOY, A.M.X.; SANTA ROSA, J. Seleção de reprodutores caprinos de acordo com os níveis de testosterona. **Ciência Animal**, Fortaleza, v.4, p.3-8, 1994.

ELOY, A.M.X.; PINHEIRO, R.R.; PONTES, M.S. Flutuação diária dos níveis de testosterona em caprinos Moxotó. **Archives of Veterinary Science**, v.12, (supl.), Resumo 196, 2007.

ENCARNAÇÃO, R.O. **Estresse e produção animal**. Campo Grande: Embrapa - CNPGC, 1997. 32p. (Embrapa - CNPGC. Documentos, 34).

ENCARNAÇÃO, R.O.; KOLLER, W.W. A importância de bosques nas pastagens. **Revista A Lavoura**, n.630, setembro, p.18-19, 1999.

EUSTÁQUIO FILHO, A.; SANTOS, P.E.F.; SOUZA, L.E.B.; DIAS, A.C.D.; SANTOS, D.F. Estudo da zona de conforto térmico para ovinos na região semi-árida. **PUBVET**, Londrina, v.2, n.40, Art#385, 17p, 2008.

EVANS, G.; MAXWELL, W.M.C. **Inseminación artificial de ovejas y cabras**. España: Zaragoza, 1990. 192 p.

FABRE-NYS, C. Le comportement sexuel des caprins: controle hormonal et facteurs sociaux. **INRA Productions Animales**, v.13, p.11-23, 2000.

FENSKE M. Role of cortisol in the ACTH-induced suppression of testicular steroidogenesis in guinea pigs. **J Endocrinology**, v.154, p.407–414, 1997.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, E.W. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FINCH, V.A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.36, p.497-508, 1985.

FORD, J.J.; SCHANBACHER, B.D. Luteinizing hormone secretion and female lordosis behavior in male pigs. **Endocrinology**, v.100, n.4, p.1033-1038, 1977.

FRANDSON, R.D.; LEE WILKE, W.; DEE FAIL, S. Anatomia e fisiologia dos animais de fazenda. 6 Ed. Rio de Janeiro, Guanabara, Koogan, 454p, 2005.

FRASER, A.F. **Comportamiento de los animales de granja**. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 1980. 291p.

FREITAS, V.J.F., NUNES, J.F. Parâmetros andrológicos e seminais de carneiros deslanados criados na região litorânea do Nordeste Brasileiro em estação seca e chuvosa. **R. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v.16, p.95-104, 1992.

FRIESEMA, E.C.; JANSEN, J.; MILICI, C.; VISSER, T.J. Thyroid hormone transporters. **Vitamins and Hormones**, v.70, p.137–167, 2005.

FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.52, p.164-182, 1981.

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

GADBERRY, M.; DENARD, T.; SPIERS, D. ; PIPER, E. Effects of feeding ergovaline on lamb performance in a heat stress environment, **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n.6, p. 1538–1545, 2003. [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus \(11\)](#)

GAO, H.B.; TONG, M.H.; HU, Y.Q.; GUO, Q.S.; GE, R.; HARDY, M.P. Glucocorticoid induces apoptosis in rat Leydig cells. **Endocrinology**, v.143, n.1, p.130–138, 2002.

GASTEL, T.; BIELLI, A.; PÉREZ, R. et al. Seasonal variations in testicular morphology in Uruguayan Corriedale rams. **Anim. Reprod. Sci.** v. 40, p.59-75, 1995.

GAUGHAN, J.; MADER, T.; HOLT, S.; JOSEY, M.; ROWAN, K. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers, **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, n.9, p. 2398–2405, 1999.

GEBARA, O.C.E.; VIEIRA, N.W.; MEYER, J.W.; CALICH, A.L.G.; TAI, E.J.; PIERRI, H.; WAJNGARTEN, M.; ALDRIGHI, J.M. Efeitos Cardiovasculares da Testosterona. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.79, n.6, p.644-649, 2002.

GEBRE, Y.M. **Reproductive traits in Ethiopian male goats. With special reference to breed and nutrition**. 2007. 56f. Thesis (Doctoral of Medicine Veterinary). Division of Reproduction, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 2007.

GEBREMEDHIN, K.G; CRAMER, C.O.; PORTER, W.P. Predictions and measurements of heat production and food and water requirements of Holstein calves in different environments. **Transactions of the ASAE**, v.3, p.715-720, 1981.

GEBREMEDHIN, K.G.; BINXIN, WU. A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, v.26, p.537-545, 2001.

GOMES, W.R.; BUTLER, W.R.; JOHNSON, A.D. Effect of elevated ambient temperature on testis a blood levels and in vitro biosynthesis of testosterone in the rams. **J. Anim. Sci.**, v.33, n.4, p.804-807, 1971.

GOMES, W.R.; JOYCE, M.C. Seasonal changes in serum testosterone in adult rams. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.41, p.1373-1375, 1975.

GOMES, C.A.V.; FURTADO, D.A.; MEDEIROS, N.A.; SILVA, D.S.; PIMENTA FILHO, E.C.; LIMA JÚNIOR, V. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.213-219, 2008.

GONZÁLES, F.H.D., SILVA, S.C. Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária. Porto Alegre: Gráfica UFRGS. 198 p., 2003.

GONZALO, G., SÁNCHEZ, J.M. Razas caprinas foráneas: lecheras, de pelo y de otras aptitudes. Ovis-Aula de Veterinária. Razas caprinas, v.83, p.55-64, 2002.

GRAF, H.; CARVALHO, G. A. Fatores interferentes na interpretação de dosagens laboratoriais no diagnóstico de hiper e hipotireoidismo. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, São Paulo, v.46, n.1, p.51-64, fev. 2002.

GRANDIN, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.249-257, 1997.

GRECO, D.; STABENFELDT, G. H. Glândulas endócrinas e suas funções. In: CUNNINGHAM, J. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 324-350.

GÜNTHER, K.D. Stress behaviour of animals and its effect on the mineral balance. **Anim. Res. Develop.**, v.27, p.16-33, 1988.

GÜTLER, H.; KETZ, A.; KOLB, E. **Fisiologia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612 p.

GUYTON, A.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1014 p.

HABEEB, A.L.M.; MARAI, I.F.M.; KAMAL, T.H. **Farm animals and the environment**. Cambridge: CAB, 1992. 428p.

HAFEZ, E.S.E., **Comportamento Reprodutivo**. In: Reprodução Animal. 6.ed. São Paulo:SP, Manole, p. 214-253, 1995.

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

HAHN, G.L. **Management and housing of farm animals in hot environments**. In: Yousef MK Stress Physiology in Livestock: Ungulates. Boca Raton: CRC Press. Inc.,2: 151-174, 1985.

HANSEN, P.J.; ARÉCHIGA, C.F. Strategies for managing reproduction in the heat stressed dairy cow. **Journal Animal Science**, Champaign, v.77, p.36-50, 1999.

HARDY, M.P.; GAO, H.B.; DONG, Q.; GE, R.; WANG, Q.; CHAI, W.R.; FENG, X.; SOTTAS, C. Stress hormone and male reproductive function. **Cell Tissue Res**, v.322, n.1, p.147-53, 2005.

HARRIS, D. L.; SHRODE, R. R.; RUPEL, I. W. Study of solar radiation as related to physiological and production responses of Lactating Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.43, n.9, p.1255-1262, 1960.

HELAL, A., HASHEM. A.L.S., ABDEL-FATTAH, M.S., EL-SHAER, H.M. Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, v.7, n.1, p.60-69, 2010.

HELLON, R.F.; TAYLOR, D.C.M. An analysis of a thermal afferent pathway in the rat. **Journal of Physiology**, v.326, p.319-328, 1982.

HESS, R.A.; BUNICK, D.; BAHR, J. Oestrogen, its receptors and function in the male reproductive tract – review.. **Mol Cell Endocrinol**, v. 178, n. 1-2, p. 29-38, 2001.

HESS, R.A. Estrogen in the adult male reproductive tract: A review. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v.1 , p.52, 2003. doi:10.1186/1477-7827-1-52. Disponível em: <http://www.rbj.com/content/1/1/52> Acesso em 31/05/2010.

HIGHTOWER, D.; MILLER, L. F.; KYZAR, J. R. Thyroid function tests in veterinary medicine. **Southwest Vet.**, Texas, v. 22, n. 1, p. 15-21, 1969.

HOCHEREAU-DE-REVIERS, M.T; PERREAU, C.; LINCOLN, G.A. Photoperiodic variations of somatic and germ cell populations in the Soay ram testis. **Journal of Reproduction and fertility**. v.74, p.329-334; 1985.

HOPKINS, P.S.; KNIGHTS, G.I.; FEUVRE, A.S. Studies of the environmental physiology of tropical Merinos. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, v.29, p.161-171, 1978.

HUHTANIEMI, I.; TOPPARI, J. Endocrine, paracrine and autocrine regulation of testicular steroidogenesis. **Adv Exp Med Biol**, v.377, p.33-54, 1995.

INGRAM, D.L.; WHITTOW, G.C. The effect of heating the hypothalamus on respiration in the ox (*Bos taurus*). **J Physiol.**, v.163, p.200-210, 1962.

INGRAM, D. L.; MOUNT, L. E. **Man and Animals in hot environments**. New York: Springer-Verlag, 1975. 185 p.

IZQUIERDO, A.C.; OAXACA, J.S.; ARIZA, G.R.; JIMÉNEZ, M.S.C.; JIMÉNEZ, C.A.C.; GUTIÉRREZ, J.F.P.; LIERA, J.E.G. Comportamiento reproductivo de razas bovinas de carne europeas en condiciones de trópico húmedo mexicano. **Revista Electrónica de Veterinaria REDEVET**, Málaga, v. 6, n.11, 2005. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105/110510.pdf> Acesso em 22.02.2008.

JANA, N.R.; BHATTACHARYA, S. Binding of thyroid hormone to the goat testicular Leydig cell induces the generation of a proteinaceous factor which stimulates androgen release. **Journal of Endocrinology**, v.143, p.549–556, 1994.

JANA, N.R.; HALDER, S.; BHATTACHARYA, S. Thyroid hormone induces a 52 kDa soluble protein in goat testis Leydig cell which stimulates androgen release. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1292, p.209–214, 1996.

JARDIM, W. R. Criação de caprinos. Ed. Melhoramentos. São Paulo, 1964.

JESSEN, C.; PONGRATZ, H. Air humidity and carotid rate function in thermoregulation of the goat. **Journal Physiology**, v.292, p.469-479, 1979.

JESSEN, C. Brain cooling: an economy mode of temperature regulation in artiodactyls. **News Physiol. Sci.** v.13, p.218 -286, 1998.

JESSEN, C. KUHNEN, G. Seasonal variations of body temperature in goats living in an outdoor environment. **Journal of Thermal Biology**, v.21, n.3, p.197-204, 1996.

JOHNSON, H.D.; RAGSDALE, A.C.; BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D. Effect of various temperature humidity combinations on milk production of Holstein cattle. **Transactions of the ASAE**, v.9, p.181-202, 1962.

JOHNSON, H.D., 1980. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **International Journal Biometeorology**, v.7, p.65–78, 1980.

JOHNSON, H.D. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. Pages 35–57 in: Bioclimatology and the Adaption of Livestock. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 1987.

KABABYA, D.; PEREVOLOLOTSKY, A.; BRUCKENTAL, I.; LANDAU, S. Selection of diets by dual-purpose Mamber goats in Mediterranean woodland, **J. Agric. Sci.**, v.131, p.221–228, 1998. Disponível em: [Full Text via CrossRef](#) | [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus](#) (24)

KARAGIANNIDIS, A.; VARSAKELI, S.; KARATZAS, G. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece. **Theriogenology**, v. 53, p.1285-1293, 2000.

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

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

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H.; WALLINS, G.L.; ENTZ, T. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science**, v. 41, p. 153-59, 1996b.

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. **Animal Reproduction Science**, v.45, p. 255-61, 1997.

KATAMOTO, H.; FUKUDA, H.; OSHIMA, I.; ISHIKAWA, N.; KANAI, Y. Nitroblue tetrazolium reduction in heat stressed goats is not influenced by vitamin E and selenium injection, **J. Vet. Med. Sci.**, v.60, n.11, p.1243–1249, 1998. Disponível em: [Full Text via CrossRef](#) | [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus](#) (3)

KATARIA, A.K., KATARIA, N., BHATIA, J.S., GHOSAL, A.K. Blood metabolic profile of Marwari goats in relation to season. **Ind. Vet. J.**, v.70, p.761-762, 1993.

KLINENDIST, P.G.; WILHITE, D.A.; HAHN, G.L.; HUBBARD, K.G. The potential effects of climate change on summer season dairy cattle milk production and reproduction. **Climatic Change**, v.23, p.21-36, 1993.

KNOL, B.W. Stress and the endocrine hypothalamus–pituitary–testis system. **Vet Q**, v.13, n.2, p.104–114, 1991.

KÖHRLE, J. Local activation and inactivation of thyroid hormones: the deiodinase family. **Mol. Cell. Endocrinol.**, Amsterdam, v.151, n.1-2, p.103-119, may. 1999.

KRAEMER, T. The influence of high ambient temperature on different parameters of semen, biochemical and endocrine parameters in bulls in a climatic chamber and in subtropical climate. Berlin: FU Berlin, 2000. Disponível em: <<http://www.diss.fuberlin.de/2000/83/indexe.html>>. Acesso em: 5 maio 2010.

KUHNEN, G.; JESSEN, C. Threshold and slope of selective brain cooling. **Pflügers Arch.** v.418, p.176 -183, 1991.

LARSEN, P. R.; SILVA, J. E.; KAPLAN, M. M. Relationship between circulating and intracellular thyroid hormones: physiological and clinical implications. **Endocr. Rev.** Baltimore, v.2, n.1, p.87-102, 1981.

LARSSON, M.; PETTERSSON, T.; CARLSTRÖM, A. Thyroid hormone binding in serum of 15 vertebrate species: isolation of thyroxine-binding globulin and prealbumin analogs. **Gen. Comp. Endocrinol.**, New York, v.58, n3, p.360-375,jun. 1985.

LEBOEUF, B.; RESTALL, B.; SALAMON, S. Production and storage of goat semen for artificial insemination. **Animal Reproduction Science**, v.62, p.113-141, 2000.

LEBOUF, B.; RESTALL, B.; SALAMON, S. Production et conservation de la semence de bouc pour l'insémination artificielle. **INRA Productions Animales**, v. 16, p. 91-99, 2003.

LEE, J. A.; ROUSSEL, J.D.; BEATTY, J.F. Effect of temperature season on bovine adrenal cortical function, blood cell profile, and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.59, n.1, p.104-108, 1974.

LEVA, P. Impacto ambiental en la producción lechera en la Cuenca Central Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEROLOGIA, 2., Goiânia, 1998. Anais... Goiânia, 1998. p. 120-136.

LIGEIRO, E.C.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.2, p.544-549, 2006.

LIMA JÚNIOR, A.D.; VIANNI, M.C.E. Efeito da morfologia da bolsa escrotal na termorregulação em caprinos nativos no Nordeste do Brasil. **Ciência da Vida**, v.17, p.97-107, 1995.

LU, C.D. Effects of heat stress on goat production. **Small Rumin Res.** Amsterdam, v.2, p.151- 162, 1989.

LUSWETI, E. C. The performance of the Nguni, Afrikander and Bonsmara cattle breeds in developing areas of Southern Africa. **South African Journal Animal Science**, v.30, s.1, p. 28-29, 2000.

MACHADO, R.; SIMPLICIO, A.A. Efeito do tipo racial e da época do ano sobre o ejaculado de caprinos criados em região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 9, 1991. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, Colégio brasileiro de Reprodução Animal, 1991, v.2, p.433.

MACHADO, R.; SIMPLICIO, A.A.; PINHEIRO, A. Testes objetivos do comportamento sexual do bode. **Rev Bras Reprod Anim**, Belo Horizonte, v.18, p.19-30, 1994.

MACHADO JÚNIOR, A.A.AN. Influência da morfologia escrotal sobre a termorregulação, a biometria escroto-testicular e o comportamento sexual de caprinos nos períodos seco e chuvoso do estado do Piauí. 2006. 84P. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

MAIA, A.S.C; SILVA, R.G.; BATTISTON, C.M. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v.49, n.5, p.332-336, 2005.

MALONEY, S.K.; MITCHELL, D. Regulation of ram scrotal temperature during heat exposure, cold exposure, fever and exercise. **Journal of Physiology**, v.496, p.421-430, 1999.

MARAI, I.F.M.; HABEEB, A.A.M.; GAD, A.E. Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. **Liv. Prod. Sci.**, v.78, p.71-90, 2002.

MARAI, I.F.M.; EL-DARAWANY, A.A.; ABOU-FANDOUD, E.I.; ABDEL-HAFEZ, M.A.M. Tunica dartos index as a parameter for measurement of adaptability of rams to subtropical conditions of Egypt. **Animal Science Journal** (Japan), v.77, n.5, p.487-494, 2006.

MARAI, I.F.M.; EL-DARAWANY, A.A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M.A.M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.71, p.1-12, 2007.

MARAI, I.F.M.; EL-DARAWANY, A.A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M.A.M. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep-A review. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.8, p.209-234, 2008.

MARQUES, J.A. O estresse e a produção de carne. In: PRADO, I. N.; NASCIMENTO, W. G. Atualização na produção de pecuária de corte. 1 ed. Maringá: FADEC, 2001, v. 1, p.

MARTINS, E.C. A dinâmica das cadeias produtivas de caprinos e ovinos. ZOOTEC. João Pessoa, 2008.

MARTINS JÚNIOR, L.M.; COSTA, A.P.R.; RIBEIRO, D.M.M.; TURCO, S.H.N.; MURATORI, M.C.S. Respostas fisiológicas de caprinos Bôer e Anglo-Nubiana em condições climáticas de Meio-Norte do Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.2, p.01-07, 2007.

MASON, R.; WILKISON, J. S. The thyroid gland – a review. **Austr. Vet. J.**, Sidney, v.49, n.1, p. 44-49, jan. 1973.

McDONALD, L.E.; PINEDA, M.H. **Veterinary endocrinology and reproduction**. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1989.

McDOWELL, R.E.; HOOVEN, N.W.; CAMOENS, J.K. Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.59, p.965-973, 1976.

McDOWELL, R.E. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. São Paulo: Ícone, 1989.

McFARLANE, A.; COGHLAN, J.; TRESHAM, J. et al. Corticotropin-releasing factor alone, but not arginine vasopressin alone, stimulates the release of adrenocorticotropin in the conscious intact sheep. **Endocrinology**, v.136, n.5, p.1821-1827, 1995.

McLEAN, J.A. The partition of insensible losses of body weight in heat from cattle under various climatic conditions. **Journal of Physiology**, v.167, p.427-447, 1963.

McNABB, F. M. Thyroid hormones, their activation, degradation and effects on metabolism. **J. Nutr.**, Philadelphia, v.125, supp.6, p.1773S-1776S, jun. 1995.

MEDEIROS, L.F.; SCHERER, P.O.; VIEIRA, D.H.; SOUSA, J.C.D. Frequência respiratória e cardíaca de caprinos de diferentes raças e idades. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, 1998, Botucatu, Anais... Botucatu: SBZ, 1998.

MEDEIROS, L.F.D.; SCHERER, P.O.; VIEIRA, D.H. *et al.* Temperatura corporal em diferentes raças e idades de caprinos criados no Rio de Janeiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998b. p. 88-90

MENEZES, M.P.C. Variabilidade e relações genéticas entre raças caprinas nativas brasileiras, ibéricas e canárias. 2005. 126p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia. Universidade Federal da Paraíba. Areia. 2005.

MIES FILHO, A. **Reprodução dos Animais**. Porto Alegre, Sulina. 6 ed. v. 1, 314 p, 1987.

MINTON, J.E.; WETTEMANN, R.P.; MEYERHOFFER, D.C.; HINTZ, R.L.; TURMAN, E.J. Serum luteinizing hormone and testosterone in bulls during exposure to elevated ambient temperature. **J. Anim. Sci.**, v.53, p.1551-1558, 1981.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: CABI publishing, 1-22, 2000.

MONTEIRO, A.W.U. Biometria testículo-epididimária e reserva espermática de ovinos deslanados sem padrão racial definido. 2007. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MONTY JUNIOR, D.E.; KELLY, L.M.; RICE, W.R. Acclimatization of St Coix, Karakul and Rambouillet sheep to intense and dry summer heat. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.4, n.4, p.379-392, 1991.

MOREIRA, E.P.; MOURA, A.A.A.; ARAÚJO, A.A. Efeitos da insulação escrotal sobre a biometria testicular e parâmetros seminais em carneiros da raça Santa Inês criados no Estado do Ceará, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.6, p.1704-1711, 2001.

MORROW, D. **Current therapy in theriogenology**. Philadelphia: W.B. Saunders 1987. 1146p.

MOULE, G.R.; WAITES, G.M.H. Seminal degeneration in the ram and its relation to the temperature of the scrotum. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.5, p.433-446, 1963.

MOURA, A.A.A.; SOUZA, C.E.A.; GARCIA, F.C. de H. et al.. Desenvolvimento ponderal e testicular em carneiros Santa Inês no estado do Ceará. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999.

MOURA, A.A.A.; ARAÚJO, A.A.; PIMENTEL, P.G. Heat stress, dietary fat and reproductive management of dairy cows. IV SIMPÓSIO CEARENSE DE CIÊNCIA ANIMAL E II SIMPÓSIO NORDESTINO DE BUIATRIA, **Suplemento 12, n.1** p.50-55, 2002.

MULLER, C. J. C.; BOTHA, J. A.; SMITH, W. A. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa: 3.behavior. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.24, p.61-66, 1994.

NÃÃS, I.A. O valor do conforto animal. **Revista pesquisa FAPESP**, novembro de 1999, p.30-33.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; BERNABUCCI, U. Climatic effects on productive traits in livestock, **Veterinary Research Communications**, v.30 (Suppl.1), p.75–81, 2006.

NASCIMENTO, J., LEME, P. R., FREITAS, M. A. R. et al. Zoneamento ecológico da pecuária bovina do Estado de São Paulo. **B. Indústr. Anim.**, v.32, p.185- 237, 1975.

NAZKI, A.R.; RATTAN, P.J.S. Some hormonal and biochemical characteristics of blood in sheep as related to different seasonal environments. **Indian Veterinary**, v.68, p.28-32, 1991.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N.; OLIVEIRA, S.M.P.; MOURA, A.A.A.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NEVES. M.L.M.W. Índices de conforto térmico para ovinos Santa Inês de diferentes cores de pelame em condições de pastejo. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

NUNES, J.F. Fisiologia sexual do macho caprino. 1982. 41p. Sobral:EMBRAPA-CNPC (Circular Técnica, 5).

NUNES, J. F.; RIERA, G. S.; SILVA, A. E. F. D.; PONCE DE LEON, F.A. Características espermáticas de caprinos Moxotó de acordo com a morfologia escrotal. Sobral: EMBRAPA/CNPCAPRINOS, 1983. 11p. (Circular Técnica, 6).

NUNES, J. F.; RIERA, G. S.; SILVA, A. E. F. D.; PONCE DE LEON, F. A.; LIMA, F. A. M. Preliminary report on observed differences in goat semen characteristics based on scrotal morphology. In: REUNION INTERNACIONALE DE REPRODUCTION DES RUMINANTS EN ZONE TROPICAL, 20, Guadelupe, 1983. **Proccedings...** Paris, INRA, 1984. p. 251-64. (Les colloques de l'INRA; 20).

NUNES, J.F. Fatores que influenciam os aspectos quanti-qualitativos do sêmen de caprinos no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.12, p.77-83, 1988.

NUNES, J.F.; FREITAS, V.J.F. O macho caprino e sua importância para a fertilidade do rebanho nos trópicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 8, 1989. Belo Horizonte... Anais. Belo Horizonte, Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1989, p.188-191.

NUNES, J.F., CIRÍACO, A.L.T., SUASSUNA, U. **Produção e reprodução de ovinos e caprinos**. 2.ed. Fortaleza, Ceará. p.23-53. 1997.

NUNES, J.F. **Inseminação artificial em caprinos**. p. 111-125. In: Biotécnicas aplicadas a reprodução animal. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

NÚÑES, Q.M. Morfología del tract genital de los pequeños rumiantes. **Revista Científica-FCV-LUZ**, Falcon, v.3, n.2, p.77-86, 1993.

O'DONNELL, L.; ROBERTSON, K.M.; JONES, M.E.; SIMPSON, E.R. Estrogen and spermatogenesis. **Endocr Rev**, v.22, n.3, p.289-318, 2001.

OGAWA, S.; WASHBURN, T.F.; TAYLOR, J.; LUBAHN, D.B.; KORACH, K.S.; PFAFF, D.W. Modifications of testosterone-dependent behaviors by estrogen receptor-alpha gene disruption in male mice. **Endocrinology**, v.139, n.12, p.5058- 5069, 2005.

OGEBE, P.O.; OGUNMODEDE, B.K.; McDOWELL, R.E. Behavioral and physiological responses of Nigerian dwarf goats to seasonal changes of the humid tropics. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.22, n.1, p.213-217, 1996.

OLIVEIRA, L.M.F.; YANAGI JÚNIOR, T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.823-831, set.dez. 2006.

OLIVEIRA, A. L. Mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen. 2007, 96p. Tese (Doutorado em Ciências veterinárias). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2007.

OLIVEIRA, A.A.P., LIMA, V.P.M.S. Aspectos econômicos da caprino-ovinocultura tropical brasileira. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA TROPICAL BRASILEIRA, 1994, Sobral. *Anais...* Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1994.

ORTAVANT, R.; DAVEAU, A.; GARNIER, D. H. ; PELLETIER, J.; DE REVIERS, M.M.; TERQUI, M. Diurnal variation in release of LH and testosterone in the ram. **J. Reprod. Fertil.**, v.64, p.347-353, 1982.

OSINOWO, O.A.; MARRIE, B.N.; EKPE, G.A. Preliminary study of postnatal growth and reproductive tract development in Yankasa rams. **Anim. Reprod. Sci.**, v.27, p.49-54, 1992.

PARKINSON, T.J.; FOLLETT, B.K. Effect of thyroidectomy upon seasonality in rams. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.101, p.51-58, 1994.

PATINO, S.R.G. Comportament Sexual Masculi i Comportament Sexual Femeni. In: Índice Etología (Català). 2002. Disponível em: <http://canalh.net/webs/sgonzalez002/Etologia/indice.htm> Acesso em 09/05/2010.

PAULA, N.R.O. Parâmetros clínicos, hematológicos, sorológicos e reprodutivos em reprodutores natural e experimentalmente infectados com CAEV. 2008.193p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2008.

PEREIRA, J.C.C. Fundamentos de bioclimatologia aplicada à produção animal - Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PEREIRA, G.M. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano. 2008. 34p. Monografia (Grau de Medicina Veterinária). Universidade Federal de Campina Grande, patos. 2008.

PERISSINOTTO, M.; DE MOURA, D.J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Bioeng**, Campinas, v.1, n.2, p. 117-126, 2007.

PERISSINOTTO, M. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy* **Ciência. Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1492-1498, Aug, 2009.

PIMENTA FILHO, E.C.; MORAIS, S.A.N.; COSTA, R.G.; ALMEIDA, C.C.; MEDEIROS, G.R. Correlações entre pluviosidade e características produtivas em caprinos no semiárido paraibano. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.38, n.9, p.1785-1789, 2009.

PINHO, R.O. Parâmetros reprodutivos e metabólicos de cabras leiteiras submetidas a condições bioclimáticas artificiais, semelhante à zona equatorial brasileira. 2007. 77p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

PRAKASH, P. RATHORE, V.S. Seasonal variation in blood serum profiles of triiodothyronins and thyroxine in goat. **Ind. J Anim. Sci.**, v.61, p.1311-1312, 1991.

QUARTERMAIN, A.R.; BROADBENT, M.P. Some patterns of response to climate by the Zambian goat. **East African Agricultural and Forestry Journal**, Nairobi, v.40, n.1, p.115-124, 1974.

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. Clínica veterinária. Um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1736p.

RAO, A. Changes in the morphology of sperm during their passage through the genital tract in bulls with normal and impaired spermatogenesis. 1971. 83p. Tese (Doutorado) – The Royal Veterinary College, Stockholm, Sweden. 1971.

RASOOLI, A.; NOURI, M.; KHADJEH, G.H.; RASEKH, A. The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. **Iranian Journal of veterinary Research**, v.5, n.2, p.1383-1390, 2004.

REECE, W.O. **Fisiologia de Animais Domésticos**. Roca. São Paulo, 1996. 351p.

REGE, J.E.O.; TOE, F.; MUKASA-MUGERWA, E.; TEMBELY, S.; ANINDO, D.; BAKER, R.L.; LAHLOU-KASSI, A. Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep. II. Genetic parameters of semen characteristics and their relationships with testicular measurements in Ram lambs. **Small Ruminant Research**, v.37, p.173-187, 2000.

RESTALL, B.J. Goat Reproduction in the Asian Humid Tropics. Proceedings of an International Seminar. Held in Thailand, 28-31 May 1991. pp.74-81. 1991.

RHINES, W.E.; EWING, L.L. Testicular endocrine function in Hereford bulls exposed to high ambient temperature. **Endocrinology**, v.92, n.2, p.509-15, 1973.

RIBEIRO, S.D.A. **Caprinocultura: criação racional de caprinos**. Sao Paulo: Nobel, 1997.

RIIS, P.M.; MADSEN, A. Thyroxine concentration and secretion rates in relation to pregnancy, lactation and energy balance in goats. **Journal of Endocrinology**, v.107, p.421-427, 1985.

RIVER, C.; RIVEST, S. Effect of stress of the activity of the hypothalamic-pituitary gonadal axis: peripheral and central mechanisms. **Biology of Reproduction**, v.45, p.523-532, 1991.

ROBERTSHAW, D.; VERCOE, J.E. Scrotal thermoregulation of the bull (*Bos sp.*). **Australian Journal Agricultural Research**. v.31, p.401-404, 1980.

ROBERTSHAW, D. Concepts in animal adaptation: thermoregulation of the goat. In: International Conference on Goat Production and Disease, 3, 1982, Tucson, AZ. Proceedings Scottsdale: Dairy Goat Journal, 1982. p.395-397.

ROCHA, D.R. Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*bos taurus* x *bos indicus*) criadas em clima tropical quente subúmido no estado do ceará. 2008. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

RODRIGUES, A.L.R. Avaliação do testículo e da cauda do epidídimo de carneiros na pré-puberdade, na maturidade sexual, no criptorquidismo e na insulação escrotal: concentração de testosterona plasmática e tecidual, histamina, fator de necrose tumoral-alfa e óxido nítrico. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu, SP, 2004.

ROSELLI, C.E.; STORMSHAK, F.; STELLFLUG, J.N.; RESKO, J.A. Serum testosterone concentrations to mate preferences in rams. **Biol. reprod.** v.67, n.1, p.263-268, 2002.

ROSENBERG, N. J., BLAD, B. L., VERNA, S. B. **Microclimate**: the biological environment. 2. ed. New York: Wiley- Interscience Publication, 1983. 495 p.

SALEM, M.H.; EL-SHERBINY, A.A.; KHALIL, M.H.; YOUSEF, M.K. Diurnal and seasonal rhythm in plasma cortisol, triiodothyronine and thyronine as effected by the wool coat in Barki sheep. **Indian Journal Animal Science**, v.61, n.9, p.946-951, 1991.

SALVIANO, M.B.; CAVALCANTE, T.V.; SOUZA, J.Á.T. Integrity of sperm DNA of native bucks agreed to scrotum conformation. **Anim Reprod**, v.3, p.252, 2006.

SALVIANO, M.S.; SOUZA, J.A.T. Avaliação andrológica e tecnologia do sêmen caprino. **Rev Bras Reprod Anim**, Belo Horizonte, v.32, n.3, p.159-167, 2008.

SAMPAIO, J.A.R. Efeito macho interespecie: indução de estro em cabras pela presença de um macho ovino. 2008. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2008.

SANDS, M.; McDOWELL, R.E. The potential of the goat for milk production in the tropics. Ithaca: Cornell University, 1978. 39 p.

SANO, H.; TAKAHASHI, K.; AMBO, K.; TSUDA, T. Turnover and oxidation rates of blood glucose and heat production in sheep exposed to heat. **Journal Dairy Science**, v.66, p.856-861, 1983.

SANO, H.; AMBO, K.; TSUDA, T. Blood glucose kinetics in whole body and mammary gland of lactating goats exposed to heat. **J. Dairy Sci.**, v.68, p.2557-2564, 1985.

SANTOS D.O.; AZEVEDO H.C.; SALLES H.O.; PINHEIRO R.R. Características escroto-testiculares e do ejaculado em bodes mestiços submetidos à insulação escrotal. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 50, n.3, p.287-291, 1998.

SANTOS, D.O.; SIMPLÍCIO, A.A. Parâmetros escroto-testiculares e de sêmen em caprinos adultos submetidos à insulação escrotal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1835-1841, 2000.

SANTOS, E.A.; TEIXEIRA, D.I.A.; LOPES JUNIOR, E.S.; CORDEIRO, M.F.; LIMA-VERDE, I.B.; PAULA, N.R.O.; PIMENTEL, N.C.; RONDINA, D.; FREITAS, V.J.F. Características seminais, perímetro escrotal e comportamento sexual de bodes Saanen explorados em região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.25, n.2, p.218-219, 2001.

SANTOS, R. **A criação da cabra e da ovelha no Brasil**. Uberaba: Editora Agropecuaria Tropical, 2004. 496p.

SANTOS, D.O. Estudo do perfil proteico nas membranas de espermatozóides congelados de caprinos. 2005, 79p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista UNESP, Botucatu, 2005.

SANTOS, F.C.B. Características seminais, comportamento sexual e conforto térmico de reprodutores caprinos na região semi-árida do estado da Paraíba. 2003. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2003.

SANTOS, F.C.B.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; CÉZAR, M.F.; PIMENTA FILHO, E.C.; ACOSTA, A.A.A.; SANTOS, J.R.S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2005.

SANTOS, A.D.F.; TORRES, C.A.A.; FONSECA, J.F.; BORGES, A.M.; GUIMARÃES, J.D.; COSTA, E.P.; ROVAY, H. Uso de testes complementares para avaliação do congelamento do sêmen de bodes submetidos ao manejo de fotoperíodo artificial. **Rev. Zootec.** v.5, n.5, p.1934-1942, 2006.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal – adaptação e meio ambiente**. 5.ed. São Paulo: Santos, 1996. 546p.

SCHLEGER, A. V.; BEAN, K. G. Factors determining sweating competence of cattle skin. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v.24, p.1291-1300, 1971.

SETCHELL, B.P. The parkers lecture - heat and the testis. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.114, p. 179-194, 1998.

SETCHELL, B.P., The effects of heat on the testis of mammals. **Anim Reprod**, v.3, p.81-91, 2006.

SETCHELL, B.P.; BREED, W.G. Anatomy, vasculature and innervation of the male reproductive tract. In: Neill JD (Ed.). **Knobil and Neill's physiology of reproduction**, San Diego, USA: Elsevier. pp.771-825. 2006.

SELYE, H.A. Syndrome produced by diverse noxious agents. **Nature**, v.138, n.1, p.32, 1936.

SHACKLETON, D.M.; SHANK, C.C. A review of the social behavior of feral and wild sheep and goats. **Journal of Animal Science**, v.58, p.500-509, 1984.

SHORODE, R. R.; QUAZI, F. R.; RUPEL, I. W. Variation in rectal temperature, respiration rate, and pulse rate of cattle as related to variation in four environmental variables. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.43, n.9, p.1235-1244, 1960.

SIDIBE, M.; FRANCO, L.A.; FREDRIKSSON, G.; MADEJ, A.; MALMGREN, L. Effects on testosterone, LH and cortisol concentrations and on testicular ultrasonographic appearance of induced testicular degeneration in bulls. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.33, p.191-196, 1992.

SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.35, p.181-193, 2000.

SILVA, A.E.D.F.; NUNES, J.F. Estacionalidade na atividade sexual e qualidade do sêmen nos ovinos deslanados das raças Santa Inês e Somalis. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.8, p.207-214, 1984.

SILVA, A.E.D.F.; NUNES, J.F.; MELO, F.A. Influência da morfologia escrotal nas características do sêmen e seus efeitos na fertilidade de caprinos. **A Hora Veterinária**. V.5, n. 29, p. 66-9, 1986.

SILVA, I.J.O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba-FEALQ, 1998, p.10-23.

SILVA, R.G.; GONDIM, A.G. Comparação entre as raças Sindi e Jersey e seus mestiços, relativamente a tolerância ao calor na região Amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.6, p.37-44, 1971.

SILVA, M.; KALTENBACH, C.C.; DUNN, T.G. Serum cortisol and progesterone after administration of adrenocorticotrophin and (or) prolactin to sheep. **J.Anim. Sci.**, v.57, p.1525-1529, 1983.

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

SILVA, R.G.; La SCALA Jr., N.; LIMA FILHO, A.E. CATHARIN. M.C. Respiratory heat loss in the sheep: a comprehensive model. **International Journal of Biometeorology**, v.4, p.136-140, 2002.

SILVA, R.G.; STARLING, J.M.C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p.1956-1961, 2003 (supl. 2).

SILVA, G.A.; SOUZA, B.B.; SILVA, E.M.N.; SILVA, A.K.B.; ACOSTA, A.A.A.; AZEVEDO, S.A.; NETO, J.A. Determinação de parâmetros fisiológicos e gradientes térmicos de caprinos no semi-árido paraibano. In: Simpósio Internacional Sobre o Agronegócio da Caprinocultura Leiteira, 1, e Simpósio Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 2, 2003, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA-PB, 2003.

SILVA, G.A.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P. Efeito das épocas do ano e de turno sobre os parâmetros fisiológicos e seminais de caprinos no semi-árido paraibano. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, Patos, v.01, p.07-14, 2005.

SILVA, J.E. Thyroid hormone and the energetic cost of keeping body temperature. **Bioscience Reports**, v.25, p.129–148, 2005.

SILVA, J.M. Proporção de espermatozóides portadores de cromossomos X ou Y concentrações séricas de testosterona em caprinos segundo a conformação escrotal. 2006. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A.; CEZAR, M.F.; SOUZA, W.H.; BENÍCIO, T.M.A.; FREITAS, M.M.S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, p.516-521, 2006.

SILVEIRA, J.O.A.; PIMENTE FILHO, E.C.; OLIVEIRA, E.M. Respostas adaptativas de caprinos da raça Bôer e Anglo-Nubiano às condições climáticas do semiárido brasileiro-freqüência respiratória. In: 38 ° REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, **Anais...** Piracicaba, 2001.

SIMPLÍCIO, A.A.; RIERA, G.S.; NELSON, E.A.; PANT, K.P. Seasonal variation in seminal and testicular characteristics of Brazilian Somali rams in the hot semi-arid climate of tropical northeast Brazil. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.66, p.735-738, 1982.

SIRCHIA, F.P. Relação entre circunferência escrotal, libido, hormônios e características do sêmen em touros Brangus e Pardo Suíço. 2008. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente-SP, 2008.

SISSON. **Anatomia dos Animais Domésticos**; vol. 1, 5 Ed; Editora Guanabara, Koogan; Rio de Janeiro; p.16-25, 1986.

SOUZA, J.A.T.; COSTA, F.A.L. Características do sêmen e correlação com outros parâmetros reprodutivos em ovinos deslanados. In: SIMPOSIO EM CIENCIAS AGRARIAS Pesquisa com caprinos e ovinos no CAA, 1992, Teresina. Anais...Teresina: UFPI, 1992. p.80-86.

SOUZA, B. B.; SILVA, A. M.; VIRGINIO, R. S.; GUEDES JÚNIOR, D. B.; AMORIM, F. U. Comportamento fisiológico de ovinos deslanados no semi-árido expostos em ambiente sol e em ambiente sombra. **Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 2, p. 1-8, 1990.

SOUZA, E.D. Respostas fisiológicas de caprinos de diferentes grupos genéticos às condições do semi-árido nordestino, 2003. 87f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural da Paraíba, Areia, 2003.

SOUZA, B.B.; BRITO SEGUNDO, E.A.; SANTOS, J.R.S.; FERREIRA, M.C.; BATISTA, H.J.C.; SANTOS, A.M. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos Moxotó e ovinos Santa Inês sob às condições Semi-árida, através de respostas termorregulatórias e gradientes térmicos. In: Congresso Pernambucano de Medicina Veterinária, 5, e Seminário Nordeste de Caprino-Ovinocultura, 6, 2003, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 2003.

SOUZA, E.D.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H.; CEZAR, M.F.; SANTOS, J.R.S.; TAVARES, G.P. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v.29, n.1, p.177-184, 2005.

SOUZA, M.I.L.; URIBE-VELÁSQUEZ, L.F.; BICUDO, S.D.; RAMOS, A.A. Determinação dos ritmos circadianos e circanuais nas concentrações plasmáticas de testosterona e androstenediona em machos ovinos. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.** Unipar, Umuarama, v.9, n.2, p. 123-127, 2006.

SOUZA, C.F.S.; CUSTÓDIO, D.O.; FERREIRA, W.P.M.; SILVA, J.M.A. Citer II Aplicativo para cálculo de índices do ambiente térmico para conforto animal. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.1, p.75-77, Jan./Mar., 2007.

SOUZA, B.B.; SOUZA, E.D.; SILVA, R.M.N.; CEZAR, M.F.; SANTOS, J.R.S.; SILVA, G.A. Respostas fisiológicas de caprinos de diferentes grupos genéticos no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.314-320, 2008.

SOUZA, A.F.; LEITÃO, M.C.G.; BATISTA, A.M.; PORTO, A.L.F.; LIMA FILHO, J.L.; GUERRA, M.M.P. Proteínas do plasma seminal de caprinos relacionadas com o índice pluviométrico e a qualidade do sêmen. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, 7p, 2009. Disponível em: <http://submission.scielo.br/index.php/cr/article/view/4694/639> Acessado em: 07.05.2010.

SOUZA JUNIOR, J.B.F. Fluxo de calor latente e mecanismos termorregulatórios em bovinos no semi-árido. **PUBVET**, v.2, n.28, Art#347, 2008.

SRIKANDAKUMAR, A.; JOHNSON, E.H.; MAHGOUN, O. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. **Small Rumin Res.**, Amsterdam, v.49, p.193–198, 2003.

STABENFELDT, G.H. Glândulas endócrinas e sua ação. In: CUNNINGHAM, J.G. *Tratado de Fisiologia Veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993, p.273-296

STARLING, J.M.C; SILVA, R.G.; MUÑOZ, M.C; BARBOSA, G.S.S.C; COSTA, M.J.R.P. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **R. Bras. Zootec**, Viçosa, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002.

STARLING, J.M.C., SILVA, R.G., NEGRÃO, J.A., MAIA, A.S.C., BUENO, A.R. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2064-2073, 2005.

STELMASIAK, T. The hypothalamo-pituitary-gonadal axis and sexual behaviour in the ram. In: SYMPOSIUM ON BEHAVIOUR IN RELATION TO REPRODUCTION, MANAGEMENT AND WEANING OF FARM ANIMALS, 1979, Sydney. **Proceedings...** Sydney, 1979. p. 19-21.

SWENSON, M. J. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 10 ed., 1992. 799 p.

TANEJA, G.C. Cutaneous evaporative losses in calves and its relationship with respiratory evaporative loss and skin and rectal temperatures. **Journal of Agricultural Science**, v.50, Part.1, p.73-85, 1958.

TANEJA, G.C. Cutaneous evaporative loss measured from limited areas and its relationship with skin, rectal, and air temperatures. **Journal of Agricultural Science**, v.52, p.50-61, 1959.

TEIXEIRA, M. Efeito do estresse climático sobre parâmetros fisiológicos e produtivos em ovinos. 2000. 73p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

TEIXEIRA, G.R., MARTINS, O.A., FIORUCI, B.A., MELLO JÚNIOR, W., PINHEIRO, P.F.F., KREMER, R., MARTINEZ, F.E. Respostas biológicas ao estresse. **Pubvet**, Londrina, v.2, n.31, Ed. 42, Art. 51, ISSN 1982-1263, 2008.

THOM, E.C. Cooling degrees: day air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, p. 65-72, 1958.

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

TODINI, L.; Malfatti, A.; Valbonesi, A.; Trabalza-Marinucci, M.; DeBenedetti, A. Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.68, p.285-290, 2007.

TODINI, L. Thyroid hormones in small ruminants: effects of endogenous, environmental and nutritional factors. **Animal**, v.1, n.7, p.997-1008, 2007.

THWAITES, C. J. Embryo mortality in the heat-stressed ewes. **Journal of Reproduction and Fertility**, v 21, p. 95-107, 1970.

TURCO, S.H.N.; ARAÚJO, G.G.L.; BADE, P.L.; et al (2004) Respostas fisiológicas de caprinos e ovinos em confinamento a céu aberto, nas condições climáticas do semi-árido nordestino. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: SBZ

UNANIAN, M.M.; SILVA, A.E.D.F.; MCMANUS, C.; CARDOSO, E.P. Características biométricas testiculares para avaliação de touros zebuínos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.29, p.133-44, 2000.

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

URIBE-VELÁSQUEZ, L.F.; OBA, E.; BRASIL, L.H.A.; SOUSA, F.N.; WECHSLER, F.S. Efeitos 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**, Viçosa, v.30, n.2, p.388-393, 2001.

VAISMAN, M.; ROSENTHAL, D.; CARVALHO, D. P. Enzimas envolvidas na organificação tireoidiana do iodo. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, São Paulo, v.48, n.1, p.9-15, fev. 2004.

VALLE, A.; FUENTES, A.; PUERTA, M. Influencia de factores climáticos sobre las características seminales de toros Holstein y Pardo Suizo nacidos en el trópico. **Rev. Fac. Agron.**, v.22, p.52-61, 2005.

VALTORTA, S.; GALLARDO, M. El estrés por calor en producción lechera. **Temas de Producción Lechera**, n. 81, p. 85-112, out. 1996.

VAN DE KAR, L.D.; RICHARDSON-MORTON, K.D.; RITTENHOUSE, P.A. Stress: neuroendocrine and pharmacological mechanisms. **Methods Achiev. Exp. Pathol.**, v.14, p. 133-173, 1991.

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

VAN DER MOULEN, H.J.; BRINKMANN, A.O.; DE JONG, F.H.; ROMMERTS, F.F. Testicular oestrogens. **J Endocrinol**, v.88, n.1, p.33-46, 1981.

VASQUEZ, E.F.A., HERRERA, A. N. Concentração plasmática de cortisol, uréia, cálcio e fósforo em vacas de corte mantidas a pasto suplementadas com levedura de cromo durante a estação de monta. **Ciência Rural**, Santa Maria RS, v.33, n.4, p.743-747, 2003.

VELÁSQUEZ, L. F. U. Ritmo circadiano de triiodotironina (T3) e Tiroxina (T4) plasmática em ovelhas Ideal durante o anestro estacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 3, p.508-513, 1997.

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

VIEIRA, R.J., CARDOSO, F.T.S., AZEVEDO, L.M., CUNHA, L.A.L., SALVIANO, M.B. Influência da morfologia escrotal e da época do ano na qualidade do sêmen de caprinos criados no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p.376-380, 2008.

VILAR FILHO, A.C.; BIRGEL, E.H.; BARNABE, V.H.; VISINTIN, J.A.; BARNABE, R.C. Características testiculares e seminais de caprinos criados na região semi-árida do Estado da Paraíba. I características testiculares. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.17, n.1- 2, p.17-22, 1993.

VINHA, N.A.; MEGALE, F. Aspectos físicos e morfológicos do sêmen de *Capra hircus*. **Arquivos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v.32, n.3, p.463-464, 1980.

WAITES, G.M. Polypnoea evoked by heating the scrotum of the ram. **Nature**, v.190, p.172-173, 1961.

WAITES, G.M.; MOULE, G.R. Relation of vascular heat exchange to temperature regulation in the testis of the ram. **J Reprod Fertil**. v.2, p.213-224, 1961.

WAITES, G.M.H.; VOGLMAYR, J.K Apocrine sweat glands of the scrotum of the ram. **Nature**, v.196, p.965, 1962.

WAITES, G.M.H.; VOGLMAYR, J.K. The functional activity and control of the apocrine sweat glands of the scrotum of the ram. Australian **J. Agr. Res.**, v.14, p.839, 1963.

WEST, J.W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.21-35, supplement 2, 1999.

WETTEMANN, R.P.; DESJARDINS, C. Testicular function in boars exposed to elevated ambient temperature. **Biol. Reprod**. v.20, p.235-241, 1979.

WILSON, P. R.; LAPWOOD, K. R. Studies of hormone secretion in Romney rams: luteinizing hormone, testosterone and prolactin plasma profiles, LH/ testosterone interrelationships and the influence of season. **Theriogenology**, v.9, p. 279-294, 1978.

YANAGI JUNIOR, T. Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima. 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm Acesso: 10.05.2010..

YARNEY, T.A, SANFORD, L.M. and PALMER, W.M. Pubertal development of ram lambs: body weight and testicular size measurements as indices of post-pubertal reproductive function. **Can. J. Anim. Sci.**, v.70, p.139, 1990.

YARNEY, T.A.; SANFORD, L.M. Puberty development of ram lambs: physical and endocrinological traits in combination as indice of postpubertal reproductive function. **Theriogenology**, v.40, p.735-744, 1993.

YASUO, S.; NAKAO, N.; OHKURA, S.; IIGO, M.; HAGIWARA, S.; GOTO, A.; ANDO, H.; YAMAMURA, T.; WATANABE, M.; WATANABE, T.; ODA, S.; MAEDA, K.; LINCOLN, G.A.; OKAMURA, H.; EBIHARA, S.; YOSHIMURA, T. Long-day suppressed expression of type 2 deiodinase gene in the mediobasal hypothalamus of the Saanen goat, a short-day breeder: implications for seasonal window of thyroid hormone action on reproductive neuroendocrine axis. **Endocrinology**, v.147, p.432–440, 2006.

YOUSEF, M. K., KIBLER, H. H., JOHNSON, H. D. Thyroid activity and heat production in cattle following sudden ambient temperature changes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, n. 1, p. 142-148, 1967.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock. Ungulates**. Boca Raton: CRC Press Inc, 1985. v.2, 217p.

ZARROUK, A.; SOUILEM, O.; DRION, P.V.; BECKERS, J.F. Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine. **Ann. Méd. Vét.**, v.145, p.98-105, 2001.

ZIRKIN, B.R.; EWING, L.L.; KROMANN, N. ; COCHRAN, R.C. Testosterone secretion by rat, rabbit, guinea pig, dog, and hamster testes perfused in vitro : correlation with Leydig cell ultrastructure. **Endocrinology**, v.107, p.1867-1874, 1980.

