

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MARISA DE ALENCAR IZAEEL**

**AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS MISTIÇAS (*Bos taurus X Bos indicus*) CRIADAS EM CLIMA SEMI-ÁRIDO EM SISTEMA FREE-STALL**

**FORTALEZA-CE**

**2012**

**MARISA DE ALENCAR IZAEEL**

**AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS MISTIÇAS (*Bos taurus X Bos indicus*) CRIADAS EM CLIMA SEMI - ÁRIDO EM SISTEMA FREE-STALL**

Dissertação apresentada à coordenação do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo

FORTALEZA- CE

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- I97a Izael, Marisa de Alencar.  
Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima semi-árido em sistema free-stall / Marisa de Alencar Izael. – 2012.  
66 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2012.  
Área de Concentração: Reprodução Animal.  
Orientação: Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo.
1. Temperatura – Efeito fisiológico. 2. Bovino de leite. I. Título.

---

CDD 636.08

**MARISA DE ALENCAR IZAEEL**

**AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS MISTIÇAS (*Bos taurus X Bos indicus*) CRIADAS EM CLIMA SEMI-ÁRIDO EM SISTEMA FREE-STALL**

Dissertação apresentada à coordenação do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Maria Gorete Flores Salles  
Lar Antonio de Pádua

---

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

---

Dr. Jorge André Matias Martins  
Pós – Doutorando do PPGZ-UFC

**A minha querida irmã de coração, Ellinha Rodrigues Frota (*in memoriam*).**

***DEDICO***

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por tudo de bom que eu tenho nessa vida, principalmente pela força, coragem e, por acreditar que o amanhã será sempre melhor.

A minha família pelo carinho, amor e compreensão em todos os momentos de minha vida. Que mesmo distante, estão sempre presentes.

A minha segunda família, a família do Dr. Magela e da dona Verônica. Meu muito obrigado por tudo. Um presente que DEUS me deu.

Ao meu amigo, companheiro e amado esposo, Thiago Frota, pelo carinho, amor, compreensão e dedicação e da imensa ajuda durante todo o experimento.

Ao Programa de Pós – Graduação em Zootecnia, ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Zootecnia.

Ao meu orientador Prof. Airton Alencar de Araújo, inicialmente por me aceitar como sua aluna, pela confiança, pela amizade, pelas lições e aprendizados de vida. E por me fazer acreditar que a força, a sinceridade, a coragem e a determinação são os principais caminhos para o sucesso.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro na forma de bolsa de pesquisa.

Aos meus queridos e amados sobrinhos, Luiz, Matheus e Arthur.

Aos meus queridos e amados irmãos, Marcos, Maraisa e Júnior.

A Fazenda DUFROTA por ter aceitado e acreditado no nosso propósito de estudo.

Aos meus amigos de Pós-Graduação pela amizade e carinho, a Nilzilene e o Alexsandro.

As minhas amigas que sempre fizeram parte de minha vida, Sarita, Samanda e Natália.

Aos professores e funcionários do Departamento de Zootecnia.

A secretária do programa de Pós – Graduação em Zootecnia, à Francisca que sempre me atendeu com muita atenção e consideração.

E a todos que sempre torceram por mim.

## RESUMO

O estudo objetivou avaliar a influência do estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (Holandês-Gir) criadas no clima semiárido em sistema *free-stall* durante a época seca e chuvosa no ano de 2010 a 2011 no município de São Luis do Curu- Ceará. Para tanto, foram avaliados os elementos climáticos como a temperatura do ar (TA) e a umidade relativa (UR), dentro (DG) e fora do galpão (FG), das 6 às 18 horas. Variáveis estas utilizadas para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), bem como o acompanhamento dos parâmetros fisiológicos como a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS) de 14 fêmeas leiteiras, coletados uma vez por semana, pela manhã (6 h), à tarde (12 h) e à noite (18 h). Os dados foram expressos em média aritmética e erro padrão e avaliados por ANOVA, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com probabilidade de 5% de erro. Correlações entre as variáveis fisiológicas (TR, FR e TS) e ambientais (TA, UR e ITU) foram estimadas através do método de Pearson ( $P < 0,05$ ). Os resultados mostram que independente da época do ano os animais estão sujeitos a situações de desconforto térmica, sendo o período seco o mais impactante, com a TA mais elevada ( $P < 0,05$ ), a UR mais baixa ( $P < 0,05$ ) e o ITU mais elevado ( $P < 0,05$ ) neste período. Os resultados dos parâmetros fisiológicos mostram que a TR, FR e TS foram mais elevadas às 12 horas ( $P < 0,05$ ) independente do período do ano. No período chuvoso, os resultados mostram que as variáveis fisiológicas estiveram mais próximas dos índices fisiológicos nos horários das 6 e 18 h ( $P < 0,05$ ). A temperatura ambiente e o ITU apresentaram maior correlação no período seco com a temperatura retal ( $r = 0,743$  e  $r = 0,627$ ;  $P < 0,01$ ) e, no período chuvoso com frequência respiratória ( $r = 0,767$  e  $r = 0,804$ ;  $P < 0,01$ ) e a temperatura superficial ( $r = 0,703$  e  $r = 0,895$ ;  $P < 0,01$ ). Mostrando que a temperatura ambiental é o fator mais impactante para o bem estar animal. E que a estrutura do *free-stall* com o uso de ventiladores mecânicos consegue atenuar em alguns momentos do dia o intenso efeito da radiação solar, trazendo resultados mais efetivos no turno da tarde, principalmente durante o período seco. Conclui-se que as vacas leiteiras mestiças Holandês-Gir criadas em sistema *free-stall* em regiões do Semiárido no estado do Ceará são submetidas a condições de estresse térmico durante todo o ano, sendo o período seco o mais impactante, e que durante o período chuvoso existem apenas momentos do dia em que essas temperaturas são mais amenas, mas ainda sim consideradas fora da zona de conforto para esses animais, o que é confirmado através das alterações dos parâmetros fisiológicos.

**Palavras-chave:** Estresse Térmico, Semiárido, Vacas Leiteiras, Parâmetros Fisiológicos, Índice de Temperatura e Umidade.

## ABSTRACT

The study aimed to evaluate the influence of thermal stress in crossbred dairy cows (Holstein-Gir) reared in semi-arid climate in free-stall system during dry and rainy seasons in years 2010 to 2011 in the municipality of São Luis do Curu in the state of Ceará. For both, it was assessed the climatic elements such as air temperature (AT) and relative humidity (RH) inside (IS) and out of the shed (OS), from 6:00am to 6:00pm. These variables used to calculate the rate of temperature and humidity as well as the monitoring of physiological parameters such as rectal temperature (RT), respiratory frequency (RF), surface temperature (ST) and surface temperature of the udder (STU) of 14 dairy cows, collected once a week, in the morning (6am), in the afternoon (12:00am) and at evening (6pm). Data were expressed as mean and standard error and analyzed by ANOVA and the means were compared by Tukey likely to 5% error. Correlations between physiological variables (RT, RF and ST) and environmental (AT, RH and THI) were estimated by the method of Pearson ( $P < 0.05$ ). Results show that regardless of time of year the animals are subject to situations of discomfort, being the dry season the most impressive, with AT higher ( $P < 0.05$ ), the RH lower ( $P < 0.05$ ) and THI higher ( $P < 0.05$ ) in this period. Shown by the results of physiological parameters in the RF, ST and RT were higher at 1:00pm ( $P < 0.05$ ) regardless of time of year. Revealing the results of the physiological variables were more close to normal in time of 6:00am and 6:00pm hours for the rainy season ( $P < 0.05$ ). The AT and THI shown strongest correlations with rectal temperature ( $r = 0.743$  and  $r = 0.627$ ,  $P < 0.01$ ) during the dry season, and RF ( $r = 0.767$  and  $r = 0.804$ ,  $P < 0.01$ ) and ST ( $r = 0.703$  and  $r = 0.895$ ,  $P < 0.01$ ) in the rainy season. Showing that the ambient temperature is the factor that most impactful for animal welfare. Showing that the structure of *free-stall* with the use of mechanical ventilators can alleviate some times of the day the intense irradiation from the sun, bringing effects more effective in the afternoon, especially during the dry season. It is concluded that the Holstein-Gir cows reared in *free-stall* system in the semi-arid regions in the state of Ceará are subjected to heat stress conditions throughout the year, being the dry season the most impressive, and that during the rainy season there are only moments from the day that these temperatures are milder, but still considered outside the comfort zone for those animals, which is confirmed by the changes of physiological parameters.

**Keywords:** Thermal Stress, Semi-arid, Dairy Cows, Physiological Parameters, Temperature and Humidity Index.



## LISTA DE FIGURAS

- Figuras 1A e 1B.** Valores médios e máximos da temperatura ambiental (TA) no período chuvoso dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG) das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.....**38**
- Figuras 1C e 1D.** Valores médios e máximos da temperatura ambiental (TA) no período seco (DG) e (FG), das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.....**38**
- Figuras 2A e 2B.** Valores médios e máximos da umidade relativa do ar (URA) no período chuvoso dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG) das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.....**41**
- Figuras 2C e 2D.** Valores médios e máximos da umidade relativa do ar (URA) no período seco (DG) e (FG), das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.....**41**
- Figuras 3A e 3B.** Valores médios e máximos do ITU no período chuvoso dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG) das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.....**43**
- Figuras 3C e 3D.** Valores médios e máximos do ITU no período seco dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.....**43**

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Médias  $\pm$  erro-padrão, valor de máxima e mínima das variáveis fisiológicas de vacas mestiças *Bos taurus* x *Bos indicus*.....**46**
- Tabela 2.** Frequência das temperaturas retais fisiológicas e máximas em vacas leiteiras mestiças, no período seco e chuvoso, nos horários (06:00hs, 12:00hs e 18:00hs), criadas em sistema de *free stall*, em clima tropical quente e seco.....**51**
- Tabela 3.** Frequência dos movimentos respiratórios fisiológicos e máximos em vacas leiteiras mestiças, no período seco e chuvoso, nos horários (06:00hs, 12:00hs e 18:00hs), criadas em sistema de *free stall*, em clima tropical quente e seco.....**52**
- Tabela 4.** Frequência das temperaturas superficiais fisiológicas e máximas em vacas leiteiras mestiças, no período seco e chuvoso, nos horários (06:00hs, 12:00hs e 18:00hs), criadas em sistema de *free stall*, em clima tropical quente e seco.....**53**
- Tabela 5.** Correlações entre as variáveis fisiológicas e ambientais no período seco e chuvoso, em vacas leiteiras criadas em clima tropical quente e seco.....**54**

## LISTA DE ABREVIATURAS

GnRH = Hormônio liberador de gonadotrofina  
FSH = Hormônio folículo estimulante  
LH = Hormônio luteinizante  
PRL = Prolactina  
CL = Corpo lúteo  
TSH = Hormônio tireotrófico  
CRH = Hormônio liberador de corticotropina  
ZCT = Zona de conforto térmico  
DG = Dentro do galpão  
FG = Fora do galpão  
IA = Inseminação artificial  
FR = Frequência respiratória  
TR = Temperatura retal  
TC = Temperatura corporal  
TS = Temperatura superficial  
TSU = Temperatura superficial do úbere  
TRm = Temperatura retal média  
TA = Temperatura do ar  
UR = Umidade relativa  
UR máx = Umidade relativa máxima  
ITGU = Índice de temperatura de globo e umidade  
ITU = Índice de temperatura e umidade  
ITU máx = Índice de temperatura e umidade máximo  
Tbs = Temperatura de bulbo seco  
Tpo = Temperatura do ponto de orvalho

## SUMÁRIO

|   | <b>página</b> |
|---|---------------|
| <b>RESUMO...</b> .....  | v             |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | vi            |
| <b>LISTA DE FIGURAS...</b> .....  | vii           |
| <b>LISTA DE TABELAS...</b> .....  | viii          |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....  | ix            |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 12            |
| <b>1. OBJETIVOS</b> .....   | 14            |
| <b>1.1. Objetivo Geral</b> .....  | 14            |
| <b>1.2. Objetivos Específicos</b> .....   | 14            |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 15            |
| <b>2.1. Influência dos fatores ambientais</b> .....                                 | 15            |
| 3.1.1. Temperatura do ar.....   | 15            |
| 3.1.2. Umidade relativa do ar.....  | 16            |
| 3.1.3. Índice de temperatura e umidade (ITU).....                                   | 18            |
| <b>2.2. Estresse térmico em vacas leiteiras</b> .....                               | 19            |
| <b>2.3. Mecanismos de manutenção da homeotermia</b> .....                           | 21            |
| <b>2.4. Parâmetros fisiológicos indicadores de estresse térmico...</b> .....        | 23            |
| 2.4.1. Frequência respiratória.....   | 23            |
| 2.4.2. Temperatura retal.....   | 24            |
| 2.4.3. Temperatura superficial.....   | 24            |
| <b>3.5. Impactos do estresse térmico sobre a endocrinologia animal</b> .....        | 25            |
| <b>3.6. Impactos do estresse térmico sobre a produção e reprodução animal</b> ..... | 29            |
| <b>3.7. Impactos do estresse térmico sobre a produção de leite</b> .....            | 32            |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 34            |
| <b>4.1. Local do experimento</b> .....  | 34            |
| <b>4.2. Animais experimentais</b> .....   | 34            |
| <b>4.3. Procedimento experimental</b> .....   | 35            |
| 4.3.1. Variáveis climáticas.....  | 35            |
| 4.3.2. Cálculo do ITU.....  | 35            |
| <b>4.4. Parâmetros fisiológicos</b> .....   | 35            |

|   | <b>página</b> |
|---|---------------|
| 4.4.1. Temperatura retal.....                     | 36            |
| 4.4.2. Temperatura superficial.....               | 36            |
| 4.4.3. Frequência respiratória.....               | 36            |
| <b>4.5 Análise estatística...</b> .....           | <b>36</b>     |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....            | <b>38</b>     |
| <b>5.1. Variáveis climáticas</b> .....            | <b>38</b>     |
| 5.1.1. Temperatura do ar.....                     | 38            |
| 5.1.2. Umidade relativa do ar.....                | 40            |
| <b>5.2. Índice de temperatura e umidade</b> ..... | <b>42</b>     |
| <b>5.3. Parâmetros fisiológicos</b> .....         | <b>45</b>     |
| 5.3.1. Temperatura retal.....                     | 45            |
| 5.3.2. Frequência respiratória.....               | 47            |
| 5.3.3. Temperatura superficial.....               | 49            |
| <b>6. CONCLUSÕES</b> .....                        | <b>55</b>     |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....        | <b>56</b>     |

## 1. INTRODUÇÃO

À medida que a produção leiteira cresce com ela os desafios no setor tendem a acompanhar esse quadro, Segundo a Embrapa (2008), o Brasil é o sexto maior produtor de leite do mundo, apresentando constante crescimento na produção leiteira. Em 2009 a produção nacional aumentou em 5,6% quando comparada a 2008 (ANUARIO LEITEIRO, 2011), respondendo por 66% do volume total de leite produzido nos países do MERCOSUL. O leite está entre os seis primeiros produtos mais importantes da agropecuária Nacional, ficando à frente de produtos tradicionais, como o café e o arroz (FAO, 2008).

Os cinco estados nordestinos que mais se destacam na produção leiteira são a Bahia, Pernambuco, Ceará, Maranhão e Sergipe (ANUÁRIO LEITEIRO, 2011). A produção leiteira no estado do Ceará foi de 380.025 mil litros no ano de 2006, cerca de 30% superior quando comparado à produção obtida em 1995 de 292.345 mil litros. O Ceará encontra-se localizado ao norte da região Nordeste do Brasil, ocupando uma extensão territorial da ordem de 148.016 Km<sup>2</sup>, está inserido na região semiárida, com bastante vulnerabilidade ao fenômeno da seca e sujeita a oscilações e escassez de chuvas, com o clima tropical quente semi-árido, ocorrendo em 98 municípios (ZOCCAL et al., 2008).

Para alcançar índices adequados de produção, seja qual for o tipo de exploração zootécnica, depende de fatores genéticos, alimentares e relacionados ao manejo, o qual consiste em muitos aspectos ligados à produção como, o conforto ambiental, as instalações, o controle de doenças e o controle reprodutivo. Permitindo, assim, que os animais possam desenvolver seu potencial máximo de produção e dar o retorno econômico ao criador (MARQUES, 2006; HARDOIM, 2008).

Os animais são afetados de variadas formas pelo ambiente, podendo sofrer estresse, o que indica a ocorrência de uma condição adversa. O estresse pode ser de origem climática, nutricional ou devido a problemas provocados por alterações fisiológicas, tóxicas ou patológicas (PEREIRA, 2005). Na nossa realidade, o estresse térmico é o mais presente, em decorrência das altas temperaturas e umidade na maior parte dos meses.

Elevadas temperaturas promovem respostas primárias de estresse, tais como indução de sudorese, aumento da temperatura corporal e aumento da frequência respiratória (URIBE-VELASQUEZ et al., 2001; JORDAN, 2003).

A adaptação ao meio ambiente modifica esses graus de resposta e permite determinar indiretamente, através de seu desempenho, como os animais são afetados na sua produção e reprodução (MULLER, 1982). Temperaturas elevadas associadas à alta umidade do ar e a radiação solar são os principais elementos climáticos estressantes que causam diminuição na taxa de crescimento, produção de leite e falhas reprodutivas (GWAZDAUSKAS et al. 1981; NARDONE, 1998; URIBE-VELASQUEZ et al., 2001).

Desta forma, faz-se essencial o estudo e acompanhamento das raças leiteiras mais tolerantes ao nosso clima, o uso de tecnologias mais apropriadas para a nossa realidade, o conhecimento das alterações fisiológicas decorrentes das altas temperaturas, bem como o comportamento das variáveis climáticas, para se determinar o ITU e com isso procurar meios e alternativas para amenizar os efeitos negativos do calor e viabilizar a produção e o retorno econômico.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar a existência de estresse térmico em vacas leiteiras (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em sistema intensivo de *free-stall* no estado do Ceará durante o período chuvoso e seco do ano de 2010 a 2011.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar se o sistema *free-stall* fornece (com o uso de ventiladores) conforto térmico aos animais
- Comparar a evolução da temperatura ambiente e umidade relativa do ar dentro e fora do galpão de *free-stall*, às 06, 12 e 18 horas no período seco e chuvoso;
- Comparar a evolução do ITU dentro e fora do galpão no período seco e chuvoso, a cada duas horas, das 06 horas às 18 horas;
- Identificar animais com estresse térmico pela avaliação dos parâmetros fisiológicos dentro do galpão, às 06, 12 horas e 18 horas, no período seco e chuvoso do ano.
- Correlacionar os parâmetros ambientais com os parâmetros fisiológicos nos períodos seco e chuvoso do ano.



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Influência dos fatores climáticos

O Brasil é um país de dimensões continentais, sendo considerado o quinto país em extensão territorial, com uma área de aproximadamente 8.514.205 Km<sup>2</sup> (ZOCCAL et al., 2008). Em função de sua continentalidade, o país detém contrastes, os mais diversos nos aspectos climáticos, econômicos e sócio-culturais, apresentando grande diversidade climática resultante de diferenças entre regiões quanto à altitude, proximidade com o oceano, relevo e outras (PEREIRA, 2005).

O fator mais determinante do clima é a posição geográfica do país, sendo a maior parte do Brasil localizado entre a linha do Equador, que corta o país na região norte, e o trópico de Capricórnio, que passa no sudeste. As regiões do planeta que ficam entre essas duas linhas têm climas quentes e úmidos, com temperatura média de 20°C (MOLION, 2008). O clima é um dos componentes ambientais que exerce efeito mais pronunciado sobre o bem-estar animal, por consequência sobre a produção e produtividade, sendo, portanto, um fator regulador ou mesmo, limitador da exploração animal (MC DOWELL, 1974; SILVA et al., 2010).

Em torno de 64% dos bovinos no mundo são criados em regiões de clima tropical e subtropical. Não obstante, a produtividade é menor do que aquela das regiões temperadas, ocorrendo lentas taxas de crescimento e baixa produção de leite (AZEVEDO et al., 2005). Assim, a temperatura ambiente é uma das condicionantes climáticas de maior importância no sistema de adaptação de bovinos da espécie *Bos taurus* em regiões tropicais, sendo uma das prioridades fisiológicas dos animais homeotermos a manutenção da temperatura interna (GRUNERT; BIRGEL; VALE 2005).

##### 3.1.1. Temperatura do ar

O bem estar e o desempenho produtivo dos animais são influenciados pelas condições ambientais, principalmente as altas temperaturas do ar quando associadas às altas umidades relativas e a radiação solar intensa, sendo causas da redução na produção de leite de animais de alta produtividade (BACCARI JÚNIOR, 1998). Com isso, a capacidade do animal de se ajustar fisiologicamente ao estresse pelo calor, tem sido avaliada fisiologicamente por alterações da temperatura retal e da frequência respiratória,

explicando a tentativa do animal em perder o calor absorvido (MC DOWELL, 1974; SILANIKOVE, 2000; MEDEIROS et al., 2005).

Segundo Gwazdauskas, Thatcher e Wilcox, (1972) e Baccari Júnior, (1998) a temperatura ótima para produção de leite depende diretamente da espécie, da raça e do grau de tolerância ao calor ou frio, sendo o limite superior da zona de termoneutralidade de vacas Holandesas em lactação aproximando-se dos 24°C de temperatura do bulbo seco e da umidade entre 60 a 70% (FUQUAY, 1981; MULLER, 1982).

A temperatura do ar está diretamente relacionada com a radiação solar direta, sendo esta, a energia eletromagnética de ondas curtas que atinge a terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera a qual exerce grande influência na distribuição anual das temperaturas no globo (PRIMAVESI, 2007), para isso os raios solares sofrem processos de absorção, reflexão e difusão, modificando a quantidade de radiação direta que incide num determinado ponto da terra.

Quando expostos à radiação solar direta, os animais e vegetais sofrem efeitos da radiação, cuja magnitude é determinada pelas cargas radiantes, recebendo assim cargas de radiação provenientes do sol, da atmosfera, do horizonte e do solo (BAÊTA; SOUZA, 1997). Se abrigados, as cargas de radiação incidentes são as mesmas acrescidas das cargas de sombra gerada dos próprios materiais utilizados na confecção do abrigo e dos planos da construção (NÃÃS; ARCARO JÚNIOR, 2001).

Se bem planejadas, as instalações podem conferir proteção aos animais, reduzindo a incidência de calor proveniente do meio ambiente, e assim resultando em menor quantidade de calor para ser dissipado (MARCHETO et al., 2002; MARTELLO et al., 2004; THATCHER et al., 2010).

Surgido nos Estados Unidos na década de 1950, o sistema *free-stall* espalhou-se rapidamente pelo país, dadas as vantagens tanto sobre a estabulação convencional, quanto sobre o confinamento em estábulos com área de repouso coletivo (*loose-housing*), no que concerne à permanência de animais mais limpos e ao menor requerimento de material de cama serviço (CAMPOS; KLOSOWSKI; CAMPOS, 2006).

No sistema *free-stall* os animais permanecem lado a lado, em baias individuais que devem ser bem dimensionadas, com largura suficiente para o conforto do animal, sem, entretanto, permitir que o mesmo vire-se. O comprimento deve ser o mínimo para que a novilha, ao deitar-se, permaneça com o úbere e as pernas alojadas internamente ao cubículo, enquanto os dejetos são lançados no corredor de limpeza ou serviço (CAMPOS; KLOSOWSKI; CAMPOS, 2006).

### 3.1.2. Umidade relativa do ar

Significa, em termos simplificados, quanto de água na forma de vapor existe na atmosfera no momento com relação ao total máximo que poderia existir, na temperatura observada (JOLY, 2011). Sendo esta variável mais baixa principalmente no final do inverno e início da primavera, no período da tarde, entre 12 e 16 horas; observando esse valor mais alto sempre que chove, devido à evaporação que ocorre posteriormente, em áreas florestadas ou próximas aos rios ou represa ou quando a temperatura diminui (MULLER, 1982).

Segundo Pereira (2005), a taxa de resfriamento pela evaporação da pele e do trato respiratório depende acentuadamente da umidade do ar (UR), em áreas onde predominam climas secos e quentes a evaporação se processa rapidamente. Quando a UR é alta, fato que ocorre com frequência em regiões quentes e úmidas a evaporação se processa lentamente, limitando a capacidade de perda de calor corporal para o meio ambiente, interferindo assim no equilíbrio térmico (BROWN-BRANDL et al., 2006).

Quando animais de especialização leiteira são expostos a extremos de temperatura ambiente (TA), UR e/ou radiação solar radiante, geralmente respondem com rendimento leiteiro reduzido (WEST; MULLINIX; BERNARD, 2003; WEST, 2003). Segundo Jordan (2003), trabalhos realizados em Israel demonstraram que a temperatura retal de vacas leiteiras aumentou durante o dia com o aumento da temperatura ambiente, resultando em queda no rendimento leiteiro e diminuição na taxa de consumo, porém, o efeito foi aliviado quando as vacas foram resfriadas.

Dentre os mecanismos de troca de calor, o sistema evaporativo depende diretamente da pressão de vapor d'água. À medida que aumenta a teor de UR, há uma tendência na diminuição da perda de calor por evaporação (MULLER, 1982; PEREIRA, 2005). Com isso, toda a umidade passa por processo de evaporação, podendo se incorporar ao ambiente sob forma de vapor ou ser absorvido pelos elementos de construção (BAÊTA e SOUZA, 1997).

A umidade se faz importante quando nos referimos às instalações e abrigo dos animais, visto que altos teores de vapor d'água acarretam danos a saúde em decorrência da proliferação de bactérias, vírus e fungos (Cardoso et al., 2002; Radostits et al., 2002) aumento da infestação por ectoparasitas, maior incidência de patologias respiratórias (Duchiade, 1992; Riet-Correa et al., 2007), bem como na inabilidade de troca de calor.

Nos períodos de maior e menor disponibilidade hídrica, os valores de umidade relativa do ar tendem a serem maiores e menores, respectivamente (SILVA et al., 2007). Por outro lado, tem-se que a variação da temperatura ambiente é inversa à da umidade relativa do ar e que as regiões litorâneas são mais úmidas que as áreas continentais, ou seja, para alguns estados do Nordeste, os dados de umidade relativa do ar diminuem com a longitude. Com a combinação de duas variáveis (temperatura e umidade do ar) pôde-se determinar o valor do índice de Temperatura e Umidade (ITU), sendo o melhor preditor para se avaliar as condições de ambiente, se estão ou não estressantes para os animais (THOM, 1959).

### 3.1.3. Índice de Conforto Térmico

Para a determinação dos níveis de conforto térmico, diversos índices têm sido desenvolvidos, sendo diretamente dependentes de algumas variáveis climáticas como a temperatura ambiente (TA) e a umidade relativa (UR), velocidade dos ventos e a radiação solar (MARCHETO et al., 2002; KAWABATA; CASTRO; JÚNIOR, 2005). A utilização desses índices de avaliação do conforto térmico deve considerar além das características inerentes ao animal, o tipo de ambiente (aberto ou fechado) e a importância relativa de cada elemento meteorológico envolvido (MARTELLO et al., 2004).

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um valor que representa a combinação dos efeitos da TA e UR, enquanto o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) além dos dois primeiros, também inclui a radiação solar e a velocidade dos ventos (BUFFINGTON et al., 1981; BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007).

Inicialmente, o ITU foi desenvolvido por Thom (1959) como um indicativo de conforto térmico humano, logo em seguida, Johnson et al (1962) citado por Martello et al. (2004) e Cargill e Stewart (1966) observaram quedas significativas na produção leiteira de vacas associadas ao aumento no valor do ITU acima de 76. Este índice é dado através da equação.  $ITU: t_{bs} + 0,36 \cdot t_{po} + 41,5$ , onde:  $t_{bs}$  corresponde à temperatura do bulbo seco (°C); o  $t_{po}$  corresponde a temperatura do ponto de orvalho (°C) (BUFFINGTON et al., 1981).

Posteriormente, o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) foi desenvolvido por Buffington et al (1981), que além da TA e UR também utilizam a velocidade dos ventos e a radiação solar, inseridas através da fórmula.  $ITGU: t_g + 0,36 \cdot t_{po}$

+ 41,5, onde o  $t_g$  corresponde a temperatura em °C do globo de Vernon e  $t_{po}$  corresponde a temperatura do ponto de orvalho em °C.

Com isso os valores do ITU são classificados de acordo com o aumento de sua escala (HAHN, 1985). Armstrong (1994) classificou o estresse térmico em ameno ou brando quando o ITU ficou entre 72 e 78, moderado (79 a 88) e severo (89 a 98). ITU abaixo de 72 caracterizaria um ambiente de conforto. Segundo Cartmill et al (2001), reportaram que quando o ITU for maior que 72 muitos animais apresentam a taxa de detecção de estro e concepção diminuídas. O que vai de acordo com Ingraham et al (1976) citado por Jordan (2003), a taxa de concepção declina de 66 para 35% quando o ITU aumenta de 68 para 78 no segundo dia após a inseminação.

Baccari Jr, Aguiar e Teodora (1995) observaram em vacas Holandesas uma frequência respiratória média de 68 movimentos por minuto, com ITU igual a 79. Thatcher et al. (2010) acreditam que vacas em lactação não sofrem estresse térmico quando o ITU for inferior a 72, já acima de 88 o estresse é grave e nocivo, podendo esses valores variarem dependendo da quantidade de leite produzido, do nível de movimentação da radiação solar direta

Faz-se necessário utilizar o cálculo dos índices de conforto térmico para se conhecer melhor a realidade climática imposta aos animais, que em muitas ocasiões ditas adequadas e confortáveis, são em grande parte impactantes, resultando em índices produtivos baixos, afetando diretamente os custos de produção, refletindo no crescimento da atividade pecuária.

Através da observação das alterações fisiológicas (frequência respiratória e temperatura retal) demonstradas pelos animais, junto com o declínio dos índices zootécnicos (produção leiteira e índices reprodutivas) em conjunto com o ITU pode-se prever, o quanto as condições ambientais estão inadequadas para a produção ótima e, o quanto esses animais estão deixando de produzir, bem como, os devidos prejuízos atribuídos a estas falhas.

### **3.2. Estresse térmico em vacas leiteiras**

Para a melhoria na eficiência produtiva e reprodutiva dos rebanhos leiteiros manejados sob condições adversas em climas tropicais ou áridos, momentos de temperaturas extremas são quase contínuos, com isso, faz-se essencial compreender quais mecanismos e respostas fisiológicas (Keister et al., 2002; Canaes e Negrão, 2009; Dikmen

et al., 2008), imunológicas (Thatcher et al., 2010) e comportamentais (Jordan, 2003; West, 2003) são expressas pelos animais e, a partir dessa premissa estudar meios e alternativas para atenuar esses efeitos deletérios.

As primeiras evidências de que as altas temperaturas ambientais ocasionam queda na fertilidade dos animais domésticos, datam de mais de 50 anos (GRUNERT; BIRGEL; VALE, 2005). O termo “stress” foi atribuído ao pesquisador canadense de origem francesa Hans Selye (1936) citado por Pereira, (2005) a partir de experimentos realizados com animais, onde os mesmos foram submetidos a situações agressivas diversas (estímulos estressores), respondendo de forma regular e específica. Ao se defrontar com o agente estressor, seja ele, o calor, o frio, sede, doenças, dor e medo. Podendo ser de origem interna ou externa, o organismo sempre desenvolve como resposta alterações fisiológicas que consiste no somatório de todas as reações sistêmicas, conhecida como a Síndrome Geral da Adaptação (ENCARNAÇÃO, 1992).

Os bovinos são classificados como animais homeotermos (BAËTA e SOUZA, 1997), os quais conseguem manter a temperatura corpórea constante na presença de alterações consideráveis da temperatura ambiente (URIBE-VELÁSQUEZ et al., 2001). Os homeotérmicos precisam manter um alto índice metabólico para obterem o calor necessário para manter a temperatura corpórea, isso requerendo um alto consumo de energia e, portanto, a procura quase constante por alimento (CUNNINGHAM, 2004; BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2006).

Com isso todos os processos que ocorrem em um organismo para manter seu funcionamento necessitam de uma faixa de temperatura adequada (Hansen e Aréchiga, 1999), se a mesma baixar muito, as reações se tornam lentas ou podem até cessar as funções vitais. Por outro lado, temperaturas elevadas podem desnaturar proteínas comprometendo a integridade celular, e como consequências ocorrem perturbações no funcionamento das funções vitais ao organismo (NELSON e COX, 2002).

Para Swenson e Reece (1996), os bovinos leiteiros apresentam uma faixa de temperatura corporal ótima entre 38° C a 39,3° C para o desempenho de suas atividades sem gasto de energia. A essa faixa de desempenho produtivo ótimo denomina-se zona de conforto térmico ou de termoneutralidade, correspondendo aos limites de temperatura em que o animal não necessita mobilizar os recursos termorregulatórios para se ajustar as condições ambientais, ocorrendo custo fisiológico mínimo, retenção máxima de energia da dieta, apetite e produção otimizados, frequência respiratória normal, não ocorrendo

sudorese, apenas a difusão de água através da pele e que logo em seguida se evapora (PEREIRA, 2005; SÁ FORTES e ARTUNDUAGA, 2010).

Condições de estresse térmico acontecem quando ocorre qualquer combinação de condições ambientais (temperatura e umidade do ar, radiação solar e velocidade dos ventos) que tornem a temperatura efetiva do ambiente mais elevada que a faixa de temperatura da zona termoneutra do animal (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007). Quando a temperatura retal é superior a 39,2°C e a frequência respiratória ultrapassa 60 movimentos por minuto as vacas se encontram na iminência do estresse térmico, é neste ponto que a temperatura corporal da vaca subirá exponencialmente mediante aumentos adicionais na temperatura ambiente e umidade relativa do ar (TATCHER et al., 2010).

Para Berman et al. (1985), a temperatura do ar máxima crítica para vacas leiteiras está entre 25°C e 26°C, sendo estas, originárias do norte europeu preferem ambientes com temperaturas entre 5°C a 25°C. Animais de grande porte, no pico da lactação são bastante tolerantes a temperaturas de -18 °C ou inferiores, devido ao ganho de calor gerado pela fermentação ruminal e pelo metabolismo dos nutrientes (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2006). Por outro lado são incapazes de se refrescarem adequadamente em temperaturas ambientes acima de 25° C, especialmente quando a umidade do ar ultrapassar 80%. É notório, e com embasamento científico que animais zebuínos ou seus mestiços são mais tolerantes aos extremos de temperatura e umidade do ar (MULLER, 1982).

O *Bos indicus* supera o *Bos taurus* na evaporação através do suor, fato que reside na capacidade funcional da glândula sudorípara ser maior, mais longa e volumosa no primeiro, como também maior capacidade de regulação da temperatura corporal, resultando em baixas taxas metabólicas, bem como o aumento da capacidade de perda de calor (HANSEN, 2004; BEATTY et al., 2006).

As características ideais de um bovino mais tolerante as condições extensivas nas regiões dos trópicos deve apresentar, pelame de cor clara; pelos curtos, grossos e medulados e altamente pigmentados (PEREIRA, 2005). Vacas em lactação são mais sensíveis ao calor quando se compara com animais não lactantes e novilhas, em decorrência da produção leiteira e maior geração de calor metabólico (HANSEN e ARÉCHIGA, 1999). O calor ou energia térmica presente nos animais provém de duas fontes: o calor gerado na degradação dos nutrientes e o absorvido da radiação térmica proveniente da atmosfera.

### 3.3. Mecanismos de manutenção da homeotermia

Para regulação da temperatura corporal, o animal possui uma variedade de sensores em diversas localizações no corpo, sendo os mesmos responsáveis por liberarem informação para o cérebro, desencadeando mecanismos para aumentar ou diminuir a perda ou produção de calor (FINCH, 1986; DYCE; SACK; WENSING, 1997). Esses neurônios aumentam sua frequência de disparo em resposta a pequenos aumentos na temperatura local. Além disso, o aquecimento da área em questão inicia imediatamente mecanismos de perda de calor, como a vasodilatação periférica e a sudorese (RIVIER e RIVEST, 1991; CUNNIGHAM, 2004).

O hipotálamo se comporta como se tivesse um ponto fixo de normalidade face da necessidade de regulação da temperatura, quando há um aumento, os mecanismos de perda de calor entram em ação e, quando a temperatura cai, inicia-se a conservação de calor (BANKS, 1991; SWENSON e REECE, 1996).

Frente à adaptação fisiológica de animais domésticos em situações de estresse térmico, os órgãos internos passam a ter suas funções comprometidas, com isso a dissipação do calor aumenta com a redistribuição do fluxo sanguíneo das vísceras para a periferia do corpo, podendo, essa resposta de adaptação causar diminuição da perfusão do leito vascular da placenta, causando retardo no crescimento fetal (COLLIER et al., 1982; VARENR, 1992 *apud* GRUNERT; BIRGEL; VALE, 2005).

Quando submetidos a extremos de temperatura ambiente, umidade excessiva e intensa radiação solar, o organismo dos bovinos leiteiros inicia alterações fisiológicas e comportamentais com intuito de promover um equilíbrio entre a produção e a dissipação de calor no organismo. A necessidade de intercâmbios de calor entre o animal e o seu meio ambiente se dá mediante mecanismos físicos de perda de calor corporal (BEWLEY et al., 2008). Através da forma sensível ou não evaporativa (condução, convecção, radiação) e pela evaporação (CURTIS, 1983; PEREIRA, 2005; LIGEIRO et al., 2006).

Segundo Baêta e Souza (1997), condução é o processo pelo qual o calor é transferido de uma parte para outra de um mesmo corpo, de um corpo a outro ou com outras substâncias como o ar, água ou piso das instalações e, quanto mais elevada à temperatura, maior a velocidade das moléculas e mais acelerada a transferência.



Na convecção o calor é transferido de uma parte para outra de um fluido, em razão de um movimento relativo de suas partículas, provocados por um gradiente de pressão na massa fluida. A maioria dos processos de troca de calor por convecção envolve um fluido (gás ou líquido) e uma superfície sólida (BAÊTA e SOUZA, 1997; PEREIRA, 2005).

Na radiação ocorre transferência de calor sob a forma de ondas eletromagnéticas para o espaço, sendo que a superfície dos objetos atua participando ativamente dessas emissões. A eficiência da radiação, convecção e condução depende principalmente da temperatura ambiente (TA), quando esta se aproxima da temperatura corporal (TC) não há mais perda sensível de calor (CUNNINGHAM, 2004).

Na evaporação, a água ao passar do estado líquido para o gasoso (vapor) retira do organismo certa quantidade de calor e a essa remoção observa-se redução da temperatura corporal, sendo dependente da pressão do vapor d'água (SOUZA et al., 2009). Aumentando a umidade relativa do ar (UR) ocorre diminuição da perda de calor por evaporação. Em ambientes tropicais a evaporação é o mecanismo mais eficiente de perda de calor, sendo ativado sempre que a temperatura ambiente ultrapasse os 21°C (SHEARER E BEED, 1990 citado por PEREIRA, 2005)

Altas temperaturas durante o verão são estressantes para bovinos leiteiros, bubalinos, caprinos, ovinos e suínos, devido à incapacidade de manterem a termorregulação eficiente, apresentando quadros de hipertermia, resultado da inabilidade de dissipar o calor corporal, perturbando o mecanismo termorregulatório, bem como o surgimento de alterações adaptativas como alteração no consumo e ingestão de alimentos e água, decréscimo da produção de leite e do metabolismo basal (JORDAN, 2003; WEST, 2003).

### **3.4. Parâmetros fisiológicos indicadores de estresse térmico**

#### **3.4.1. Frequência Respiratória (FR)**

Frequentemente a taxa respiratória é uma ferramenta bastante usada para mensurar a severidade do estresse térmico no animal (HAHN e MADER, 1997; BAUMGARD et al, 2006). Aumentos na FR muitas vezes são decorrentes de uma sobrecarga de calor, causando em muitas espécies a polipnéia (respiração rápida), sendo acompanhada normalmente pelo aumento da secreção salivar, causando aumento considerável na respiração evaporativa quando a umidade do ar não for tão alta, ocorre frequentemente com temperaturas retais acima de 40°C (DAMASCENO; BACCARI JÚNIOR; TARGA, 1998).

Os estudos dos mecanismos da polipnéia nos bovinos têm mostrado que o resfriamento evaporativo ocorre no trato respiratório superior, e não pelo resfriamento nos pulmões, é certo que no bezerro e no carneiro a polipnéia em resposta a uma elevação da temperatura ambiental pode começar antes que haja aumento na temperatura do sangue que supre o cérebro (SWENSON e REECE, 1996; ARCARO JÚNIOR et al., 2005).

Os efeitos das altas temperaturas e umidade do ar provocam alterações nos processos fisiológicos, com respostas na temperatura corporal do animal, frequência respiratória e cardíaca, sendo medidas diretas da alteração na homeoterma (MC DOWELL et al., 1976). A frequência respiratória em geral é menor em bovinos mais velhos (maiores e mais pesados) e em ambiente frio do que em bovinos mais jovens (menores e mais leves) ou em ambiente quente e úmido (RHOADS et al., 2010).

Para bovinos adultos de 500 a 600 kg de peso corpóreo, a frequência respiratória normal é de 24 a 36 movimentos respiratórios por minuto (GUYNTON e HALL, 2002). Já Brown- Blandl et al. (2006) em seu experimento utilizando diferentes raças bovinas, consideraram a FR até 60 mov./min como fisiológica. Sob temperaturas de 31°C e ITU de 79, vacas Holandesas apresentaram FR de 68 movimentos por minuto, variando entre 44 e 108 mov./min (BACCARI JUNIOR, 1998).

#### **3.4.2. Temperatura Retal (TR)**

A regulação da temperatura corporal é determinada pelo equilíbrio entre a perda e o ganho de calor. Esse parâmetro fisiológico é obtido mediante a mensuração da temperatura retal, que em bovinos leiteiros pode variar de 38 °C a 39,3°C e bovinos de corte de 36,7°C a 39,1°C (CUNNINGHAM, 2004; GUYTON e HALL, 2002), sendo frequentemente usada como um índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (FINCH, 1986; MOTA, 1997).

Muitas condições são capazes de causar variações normais na temperatura corporal dos homeotérmicos. Entre elas estão a idade, o sexo, as estações do ano, hora do dia, temperatura ambiente, exercício, alimentação, digestão e a ingestão de água. Há também variações consideráveis nas diferentes partes internas ou profundas. Nos ruminantes a temperatura intra-ruminal é maior do que a temperatura retal, a temperatura do fígado pode ser 1 a 2 °C maior do que a retal. Estas regiões são mais resfriadas do que aquecidas pelo sangue arterial (SWENSON e REECE, 1996; SILVA e STARLIN, 2003).

Quando os mecanismos de termorregulação são insuficientes, ocorre a hipertermia, com significativas alterações no desempenho produtivo e reprodutivo (GRUNERT; BIRGEL; VALE 2005). Ulberg e Buffening (1967) informaram que quando a TR aumenta 1° C a taxa de gestação cai em 10%. O que corrobora com os resultados de Thatcher et al. (2001), o qual afirmaram que quando a temperatura da cavidade intra-uterina apresentava um aumento de 0,5 ° C, a taxa de concepção declinava, com variação de 6,9 a 12,8 %.

### **3.4.3. Temperatura Superficial (TS)**

As funções de defesa da pele e pelos são muito variadas e se relacionam com a defesa contra a influência do meio ambiente (frio, umidade, calor, luz solar) e de traumatismos mecânicos (pressão, contusão) (DIRKSEN; GRUNERT; STOBER, 1993). Segundo Souza et al. (2009) a vasodilatação cutânea produz aumento na temperatura da pele, a qual facilita o gradiente de trocas térmicas pelas temperaturas ambientais abaixo da temperatura cutânea, aumentando assim a perda calórica.

A evaporação cutânea, como mecanismos de dissipação de calor, depende de fatores como a pelagem, cor da pele, porte do animal, concentração de sangue e outros fatores. Pêlos longos, crespos e densos, reduzem a movimentação do ar sobre a superfície cutânea e diminuem a eliminação do calor corporal (PEREIRA, 2005).

De acordo com Baêta e Souza (1997), sob estresse severo, há alta taxa de fluxo de sangue do núcleo para a pele do animal e, conseqüentemente, alta taxa de fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais, e assim as perdas evaporativas tornam-se maiores, com grande quantidade de calor sendo removido da pele por vaporização, de forma que o sangue que circula pelas superfícies do corpo torna-se mais refrigerado (COLLIER et al., 2008).

Acima de uma temperatura ambiente de 31°C a vasodilatação cutânea não é suficiente para aumentar a dissipação de calor e resultará em aumento na temperatura corporal, a menos que a perda calórica possa ser aumentada por outros meios (GUTLER; KETZ; KOLB, 1987; SWENSON e REECE, 1996; CUNNIGHAM, 2004).

Segundo Navarini et al. (2009), a temperatura interna de um animal é mais elevada e vai diminuindo até sua periferia (pele e pelos), formando um gradiente térmico do interior para a parte mais externa do corpo. A temperatura do pelame é um dos principais parâmetros na avaliação de dissipação do calor pelos animais (SANTOS et al., 2005). A temperatura cutânea ou superficial de 35°C ou inferior consiste no ideal para utilização dos mecanismos de termorregulação em bovinos leiteiros (THATCHER et al., 2010).

A função termorregulatória do suor é completada quando ocorre sua evaporação para o ar circulante, pois esse ar carrega grande quantidade de energia sob forma de calor, produzindo grande sensação de refrescamento e evitando o superaquecimento corporal (BAÊTA e SOUZA, 1997).

### **3.5. Impactos do Estresse Térmico Sobre a Endocrinologia Animal**

O desempenho reprodutivo eficiente de vacas leiteiras em ambientes tropicais, subtropicais ou áridos no mundo todo é impactado por uma infinidade de fatores, como: as altas temperaturas e umidade do ar, o baixo nível sócio-econômico dos produtores, a queda dos nutrientes disponíveis e a fraca composição genética dos animais, os tipos de sistemas intensivos ou extensivos de manejo e o mau uso de tecnologias da reprodução disponível (THATCHER et al., 2010).

Dessa forma, inúmeras modificações orgânicas e funcionais da esfera reprodutiva nos animais domésticos estão sob-regulação de hormônios elaborados e secretados pelo hipotálamo, hipófise, adrenal e ovários. No processo biológico de adaptação, hormônios do crescimento, prolactina, tiroxina, glicocorticóides, antidiurético, epinefrina e aldosterona, bem como vários outros hormônios determinantes da função sexual têm seus níveis de secreção alterados durante os períodos agudos ou crônicos do estresse térmico (WEST, 2003; GRUNERT; BIRGEL; VALE, 2005)

O impacto do estresse térmico na eficiência reprodutiva foi bem documentado (Thatcher, 1974; Fuquay, 1981) e revisada por Gwazdauskas, (1985); Hansen e Aréchiga, (1999); Rutledge, (2001); Hansen et al.(2001). Quando rebanhos bovinos são submetidos ao estresse térmico, a eficiência reprodutiva declina, ocorrendo redução na duração e intensidade do estro (Gangwar et al., 1965), qualidade do colostro (Nardone et al., 1997), alteração no status endócrino (Collier et al., 1982; Howell et al., 1994), alteração no desenvolvimento folicular (Wilson et al., 1998) e desenvolvimento embrionário prejudicado (JORDAN, 2003).

O eixo hipotalâmico hipofisário gonadal adrenal se descompensa pela ação térmica através nas falhas de secreção e liberação de seus hormônios. Para Rivier e Rivest, (1991) durante as fases de estresse os hormônios sexuais podem ser influenciados em três níveis, inicialmente através da ação no hipotálamo, onde ocorre a inibição da secreção dos hormônios gonadotóxicos (GnRH).

O segundo nível a ser influenciado é a hipófise, onde não há estímulo do GnRH para liberação do FSH e LH. Sendo o hormônio folículo estimulante (FSH) responsável por promover o crescimento dos folículos e a prolactina (PRL) que atua no crescimento do tecido secretor da glândula mamária e manutenção da lactação (GUYTON e HALL, 2002), bem como na atividade luteotrófica em algumas espécies, sendo estes secretados pela hipófise anterior (SWENSON e REECE, 1996). O hormônio luteinizante (LH) é responsável pelo processo ovulatório e a luteinização da granulosa.

E por último a ação nas gônadas que atua inibindo o efeito estimulatório de gonadotrofinas na secreção de esteróides sexuais. Os principais hormônios reprodutivos na fêmea são: a progesterona, a qual é produzida pelo corpo lúteo (CL), placenta e córtex adrenal, sendo a síntese de progesterona pelo CL controlada pelo LH (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1999; BANKS, 1992). E o estrógeno que é produzido pelo ovário (células da granulosa dos folículos), pela unidade fetoplacentária e córtex adrenal. Estudos dos mesmos autores com roedores sugerem o envolvimento da adrenal como reguladores de funções sexuais e mais estudos são necessários para se determinar se tais efeitos ocorrem a nível gonadal ou hipófise. Em animais, adrenalectomizados é bem conhecido a alteração dos parâmetros reprodutivos e na secreção de LH. Além disso, as supra-renais são necessárias para a ocorrência de aumentos imediatos de LH e FSH induzida por castração (RIVIER e RIVEST, 1991).

O mecanismo de ação de hormônios tireoidianos em nível celular se baseia no fato de poderem penetrar na membrana celular. Sendo os principais hormônios determinantes do metabolismo geral (GRAF e CARVALHO, 2002; GUYTON e HALL, 2002). Esta glândula por intermédio de seus hormônios (tiroxina e triiodotironina) desempenha importante papel estimulando o metabolismo de proteínas, gorduras, carboidratos, água, minerais e energia (BERCHIELLE; PIRES; OLIVEIRA, 2006).

Em situações de estresse há um desequilíbrio do sistema endócrino, onde a hipófise secreta menos hormônio tireotrófico, conduzindo a uma reduzida atividade da glândula tireóide, e com isso interferindo nos processos metabólicos (ENCARNAÇÃO, 1992). Para Gwazdauskas, (1985) as concentrações de tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) em vacas lactantes submetidas as altas temperaturas foram significativamente reduzidas em comparação com animais em ambientes de termoneutralidade, também observado reduções na ingestão alimentar, influenciados pelo ambiente por alterarem o metabolismo energético.

Nascimento, Vieira e Silva, (2006) investigando os efeitos de mês, ordem e estágio de lactação sobre os valores séricos de tiroxina (T4) e 3, 5, 3' triiodotironina (T3) em vacas e novilhas, observou que o mês de coleta influenciou os valores séricos de T3, que foram maiores em julho e menores em março. As concentrações séricas de T4 indicaram menores valores nas vacas de 2a e 3a lactação e maiores nas novilhas, não se verificando efeito sobre as concentrações de T3, para T4 o efeito estágio de lactação dependeu do mês de coleta, em que vacas secas apresentaram valores séricos de T4 maiores em janeiro e menores em maio, enquanto que vacas nos terços médio e final da lactação apresentaram valores maiores em setembro e menores em novembro e maio, respectivamente.

Salles, (2010) investigando os parâmetros fisiológicos e os níveis plasmáticos de T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> em bodes Saanen criados em clima tropical, encontrou uma diminuição T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> durante o período de transição seco-chuvoso em relação aos períodos chuvoso e de transição chuvoso-seco e que não houve diferença nos valores médios da concentração do entre T<sub>4</sub> os períodos do ano. Já Silva, (2010b) investigando o estresse térmico e o perfil hormonal de búfalas da raça Murrah, criadas ao sol e a sombra, em clima tropical quente e úmido da Amazônia Oriental observou que as maiores médias de T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> foram registradas nos períodos mais chuvosos do ano.

Os corticosteróides são sintetizados e liberados quando necessários, não sendo estocado nas células, o principal estímulo para sua secreção é o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), sendo a secreção deste regulada pelo hormônio liberador de corticotropina (CRH) de origem hipotalâmica. Fatores psicológicos, bem como alterações ambientais podem estimular a secreção de CRH (SWENSON e REECE, 1996; CUNNIGHAM, 2004). Starling et al (2005), estudando as variações nas concentrações de cortisol e dos hormônios da tireóide de ovinos criados em ambiente tropical, observaram que as maiores concentrações de cortisol e menores de T<sub>3</sub> e de T<sub>4</sub> ocorreram nos períodos de maior temperatura ambiente.

Em situações de estresse prolongado e intenso, os estressores estimulam diretamente na liberação de CRH, com ativação do eixo hipotalâmico- hipofisário-adrenal, ocorrendo mudanças em todo o sistema endócrino (Pereira, 2005), podendo-se comprovar que o organismo sob influência de condições adversas, a hipófise secreta menos hormônio somatotrófico (STH), e principalmente os gonadotróficos (FSH e LH) (Encarnação, 1997), os efeitos sobre o sistema imunológico são a diminuição da capacidade de migração dos leucócitos para o local da infecção, a redução de sua

capacidade de sair do vaso sanguíneo de sua capacidade de destruição dos patógenos (WALDRON, 2011).

Desta forma, falhas na liberação ou secreção de qualquer um destes hormônios citados acima prejudicam diretamente a função reprodutiva em toda a sua esfera. Os efeitos negativos iniciam logo através de estímulos inadequados para o crescimento e desenvolvimento folicular (Jordan, 2003), ineficiência da expressão do estro, processo ovulatório tardio com desenvolvimento embrionário prejudicado (Kadzere et al., (2002), nutrição embrionária deficiente resultando em índices de implantação reduzidos (DE Rensis e Scaramuzzi, 2003), bem como nascimento de conceptos com peso reduzidos, fracos e até natimortos (GARCÍA- ISPIERTO et al., 2006).

### **3.6. Impactos do estresse térmico sobre a produção e reprodução**

O estresse térmico é capaz de alterar a expressão e o comportamento do estro, encurtando ou inibindo completamente seus sintomas nos animais domésticos, mesmo quando as concentrações de estradiol circulante apresentam-se em níveis normais (WEST, 2003; JORDAN, 2003; GRUNERT; BIRGEL; VALE, 2005). Já Gwazdauskas et al. (1981), mostraram que o estresse térmico está diretamente relacionado com a diminuição nas concentrações desse hormônio.

Nebel et al. (1997), observaram que vacas Holandesas em estro, durante o verão na Virgínia, montaram 4,5 vezes por estro contra 8,5 montas observadas durante o inverno. Vacas leiteiras expressam comportamento de estro menos intenso do que vacas ou novilhas não lactantes. Na verdade, as alterações hormonais e metabólicas ocorridas nos animais de leite reduzem as concentrações de estradiol durante a fase de proestro (THATCHER e COLLIER, 1986).

O calor pode causar o aumento da secreção de cortisol, redução nas concentrações do estradiol, mediados pela ação do ACTH, bloqueando o comportamento sexual, alterando diretamente na expressão do estro (Hansen e Aréchica, 1999), sendo possível que a maior razão pela qual o estresse térmico reduz a expressão de estro é por causa da letargia física produzida, pois a atividade física reduzida provavelmente é uma resposta adaptativa que limita a produção de calor. Thatcher e Collier (1986) verificaram que as perdas na detecção de estro durante o estresse térmico chegam a 75% enquanto em períodos mais amenos essa taxa cai para 50% em vacas leiteiras na Florida.

Badinga et al. (1993) observaram que o estresse térmico iniciado na época da ovulação reduziu o diâmetro e o volume do folículo na fase de dominância no dia 8 do ciclo estral. Já Hansen e Aréchiga (1999) observaram que promovendo estresse no dia 11 do ciclo, houve aumento do número de folículos maiores do que 10 mm como também a emergência precoce do folículo dominante da segunda onda e tendência a redução na concentração dos níveis de inibina.

Trabalhos de Wolfenson et al. (1997) concluíram que o estresse térmico no dia 3 ao dia 5 do ciclo estral aumentou a concentração de androstenediona e reduziu a concentração de estradiol no fluido do folículo dominante, indicando assim alteração na atividade enzimática da aromatase.

Lew, Meidan e Wolfenson, (2006) estudando as concentrações hormonais e desenvolvimento folicular de vacas leiteiras em hipertermia sazonal e aguda, constataram que o número de células da granulosa vivas no verão e no outono foi 40 e 45% menor que no inverno. A concentração de estradiol (E2) no inverno foi 62% maior que no outono e 34% superior ao grupo verão, a concentração de androstenediona foi maior no verão em relação aos grupos inverno e outono, a concentração de inibina foi maior no inverno do que no verão.

Wolfenson et al (1999) em culturas realizadas com células da teca incubadas a 40,5° C observaram que houve redução na produção de androstenediona, mas não na produção de  $17\beta$  - Estradiol pelas células da granulosa. Portanto, o estresse térmico durante o período de crescimento folicular tem o potencial para comprometer o oócito, devido a alterações na função folicular por causa de ações diretas da elevada temperatura do ambiente.

Estudos demonstram resultados divergentes quanto à concentração plasmática de LH em vacas leiteiras sob estresse térmico. Madan e Johnson, (1973) observaram uma queda na concentração plasmática de LH durante a onda préovulatória em novilhas sob estresse térmico, porém segundo Gwazdauskas et al. (1981) isso não foi observado em vacas sob as mesmas condições de estresse térmico.

Gilad et al. (1993) observaram que assim como o LH, a onda de hormônio estimulante folicular (FSH) induzida por GnRH sofre redução em vacas com baixa concentração plasmática de estradiol quando expostas a altas temperaturas por longos períodos (durante o verão) ou agudo (16h de estresse em uma câmara aquecida). Contudo, em vacas sob estresse térmico não tratadas com GnRH, foi observado um aumento na



concentração na onda de FSH associada à queda da concentração plasmática da inibina (ROTH, 2008).

Em um rebanho em que a taxa de fertilização é de 90% e a taxa de parição de 40%, somente 44% dos embriões recém-formados sobrevivem ao período embrionário e fetal, definitivamente a probabilidade de sobrevida do embrião já foi parcialmente determinada mesmo antes de ser formado pela fertilização do oócito pelo espermatozóide, isto ocorre em decorrência aos eventos que afetam o desenvolvimento do oócito que podem influenciar o potencial de desenvolvimento do embrião, com isso a sobrevida embrionária é reduzida caso os embriões sejam derivados de ovócitos produzidos de vacas com folículos antigos, alimentadas com uma dieta que gere alta produção de amônia, com alto mérito genético para rendimento leiteiro, baixo escore de condição corporal ou exposta a stress térmico (RIVERA e HANSEN, 2001).

O útero também está susceptível aos efeitos negativos do calor, quando submetido ao estresse térmico, ocorrendo uma redução no fluxo sanguíneo uterino, diminuindo a troca de calor e conseqüentemente aumentando a temperatura do meio (Gwazdauskas et al., 1981), ocasionando diminuição do peso da placenta e frequentemente retardo fetal (GRUNERT; BIRGEL; VALE, 2005).

Os oócitos respondem ao estresse térmico dependendo da fase de desenvolvimento, sendo os períodos mais críticos ocorrendo no final da maturação oocitária, na ovulação e nos primeiros dias após a fertilização (HANSEN e ARÉCHIGA, 1999). As concentrações de progesterona no pré-parto no plasma sanguíneo de vacas leiteiras sem acesso a sombra foi maior quando comparada com animais que receberam sombra, os autores acreditam que elevado nível desse hormônio antes ao parto pode ser devido a secreção aumentada ou reduzido metabolismo de progesterona.

Já Wolfenson et al. (2002), descreveram que em situações de extremo de temperatura ocorre redução na produção de progesterona em decorrência de uma luteinização incompleta das células do corpo lúteo. As concentrações de estrógenos livres não foram diferentes entre animais com ou sem acesso a sombra, já a de sulfato de estrona foram inferiores em animais sem sombra durante todo o último trimestre de gestação (GWAZDAUSKAS et al., 1981).

García-Ispieto et al. (2006) em um estudo realizado na Espanha observaram que as vacas holandesas que ficaram prenhes durante o verão apresentaram 12,3% de perda embrionária em contraste com as que emprenharam no inverno e tiveram apenas 2,1% de

perdas. Quando vacas leiteiras são expostas ao estresse térmico no dia 1 ao dia 7 após a inseminação artificial há uma redução na sobrevivência embrionária. As taxas de concepção declinam de 61% para 45% quando a temperatura retal aumenta 1°C após 12 h da inseminação artificial.

Quando as vacas foram resfriadas 42 dias antes da coleta do ócito a proporção de estruturas que se desenvolveram em blastocisto não aumentou, isto indica que os oocitos poderiam estar alterados mesmo depois da eliminação do efeito do estresse térmico (AL-KATANANI; PAULA-LOPES; HANSEN, 2002). Vasconcelos et al. (2006) observaram em vacas Holandesas receptoras de embriões, que o aumento da temperatura retal no sétimo dia após o estro diminuiu a taxa de prenhez no dia 25 e aumentou a perda embrionária.

Várias são as alternativas para melhorar os índices reprodutivos, que incluem desde a suplementação hormonal com uso de protocolos para indução e sincronização do estro, dispositivos para a detecção do estro de forma mais eficiente, técnicas de transferência de embrião, fertilização *in vitro*, bem como melhoria das condições ambientais, todos eles com intuito de promover condições adequadas para o crescimento e desenvolvimento embrionário.

### **3.7. Impacto do estresse térmico sobre a produção leiteira**

A saúde, o manejo, a nutrição, bem como as instalações e as condições ambientais quando direcionadas de maneira correta podem contribuir para a futura produção leiteira e a longevidade produtiva do rebanho. O estresse térmico está comumente associado à perda de produção durante a lactação, devido à dramática redução no consumo de matéria seca observada quando a temperatura ambiente ultrapassa 25°C (GEOFFREY, 2010).

Segundo Johnson (1987), citado por Pereira (2005), vários trabalhos confirmam que os animais em lactação apresentam dificuldades em manter a homeotermia quando expostos a ambientes de climas quentes, resultando em decréscimos na produção leiteira (HANSEN, 2004), em decorrência de ajustes fisiológicos e endócrinos no intuito de manter a homeotermia, em virtude da função produtiva especializada e de sua alta eficiência na utilização dos alimentos. Esses ajustes têm o objetivo de reduzir a produção de calor endógeno (termogênese) pelo metabolismo e aumentar a perda de calor (termólise) para o meio ambiente (BACCARI JUNIOR, 1986).

A explicação para o efeito do estresse na lactação se insere no fato de as reações por ele desencadeadas alterarem todo o complexo endócrino responsável pela lactação (BERBIGIER, 1989). Todas as fases do crescimento, desenvolvimento da glândula mamária e até mesmo na síntese e secreção do leite são mediadas pelo sinergismo de um complexo de hormônios da adenohipofise e de outros órgãos estimulados por eles. Os principais hormônios envolvidos na síntese e secreção do leite são a prolactina, o hormônio somatotrópico (STH), o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), o hormônio tireotrófico (TSH) e o hormônio folículo estimulante (FSH) (ENCARNAÇÃO, 1992).

Segundo Baccari Junior (1998), experimentos realizados em regiões de clima quente têm demonstrado que vacas que dispõem de acesso a sombra no verão, podem produzir até 21,5% a mais de leite que suas companheiras mantidas ao sol durante as horas mais quentes do dia, a sombra pode reduzir de 30 a 50% a carga de calor sobre os animais. Segundo Souza et al. (2004) o uso de climatização pode aumentar significativamente a produção média diária de leite por vaca.

Dados estes que estão de acordo com Arcaro Júnior et al. (2003) em que animais submetidos a ventilação há um aumento no teor de gordura no leite. Resultados semelhantes foram encontrados por Brasil et al. (2000) onde avaliaram os efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite em cabras da raça Alpina, também observaram que a produção de leite e a porcentagem de gordura, proteína, lactose e sólidos totais diminuíram, já os teores de cloreto, cálcio e fósforo não sofreram alteração.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local do Experimento

O presente trabalho foi realizado na fazenda comercial DUFROTA, localizada no município de São Luis do Curú- CE, no km 77 da BR-222, distante 90 km da capital, situado na Região Norte do Ceará, localizada à latitude 30° 40' 12" Sul e longitude 39° 14' 36" Oeste. O experimento foi conduzido durante os meses de setembro a outubro de 2010, caracterizado como época seca. E de janeiro a março de 2011, caracterizado como época chuvosa. O clima da região é caracterizado como quente semiárido, com período chuvoso de janeiro a maio e seco de junho a janeiro, com temperatura média de 26 a 28° C e pluviosidade anual observada de 999 mm (FUNCEME, 2011).

### 4.2. Animais Experimentais

O experimento contou com 14 fêmeas bovinas leiteiras mestiças com composição genética variando de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{8}$  e  $\frac{7}{8}$ , com faixa etária de 4 a 5 anos, pelagem malhada de preto com branco e branco com vermelho, com peso médio em torno de 450 a 600 Kg, devidamente vermifugadas e vacinadas contra Febre Aftosa, Brucelose, Clostridioses, Raiva e leptospirose. Os animais se encontravam em mesmo período de lactação, com 80 dias em leite.

Os animais foram mantidos em sistema intensivo em galpões de *free-stall*, com orientação Leste-Oeste, comprimento de 37 m, 3,0 m de pé-direito, 12 m de largura, piso de concreto com ranhuras de 1,5 cm, telhado com estrutura de madeira com cobertura de fibrocimento (pintura na parte externa de cor branca), com sistemas de ventilação forçada composta por doze ventiladores (modelo super ar- Cirelle), com potência de 0,5 cv, com 1100 RPM, com vazão de ar de 300 m<sup>3</sup>/ min e composto por 3 pás de plástico. Dispostos em duas linhas na horizontal, com 80 cm de diâmetro e localizados acima do nível de alcance dos animais. As camas eram cobertas com areia fina de rio e trocadas mensalmente.

Os animais foram ordenhados em ordenhadeira mecânica em três horários, às 04h00min, 12h00min e 18h00min. A alimentação foi fornecida através de três tratos diários composto por cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), Tifton-85 (*Cynodon spp*), resíduo de cervejaria e os concentrados (milho, soja e caroço de algodão), com 30% de PB e um núcleo mineral, todos misturados em um vagão forrageiro e com acesso livre aos bebedouros com água.

### **4.3. Procedimento Experimental**

#### **4.3.1. Variáveis Climáticas**

Os dados climáticos no período do experimento foram aferidos utilizando um Termohigrômetro digital, no qual foi medida a temperatura e umidade relativa do ar dentro e fora do galpão, uma vez por semana, a cada duas horas, iniciando as 06h00h e finalizando às 18h00min. O termohigrômetro foi posicionado no centro do galpão, na altura de massa do animal, e fora do galpão, na mesma posição. Terminadas as coletas, os dados fisiológicos e ambientais foram alocados em uma tabela no programa Excel, para posterior análise estatística.

#### **4.3.2. Cálculo do ITU**

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado para cada hora de registro dos dados a partir do modelo definido por THOM (1959).

$ITU = (0,8 \times T + (UR (\%)/100) \times (T - 14,4) + 46,4)$ , onde:

T = temperatura ambiente (°C)

UR = umidade relativa do ar (%)

### **4.4. Parâmetros Fisiológicos**

Realizou-se a aferição dos parâmetros fisiológicos da temperatura retal, temperatura superficial e a frequência respiratória, às 06h00min, 12h00min e 18h00min, uma vez por semana, durante os meses de setembro a novembro de 2010 (período seco) e de janeiro a março de 2011(período chuvoso).

#### **4.4.1. Temperatura Retal (TR)**

A temperatura retal (TR) foi aferida utilizando um termômetro clínico veterinário digital INCOTERM L/04, com escala até 44 °C, introduzido diretamente no reto a uma profundidade de 5 cm, de forma que o bulbo entrasse em contato com a mucosa retal e permanecesse até o termômetro sinalizar a temperatura aferida.

#### **4.4.2 Temperatura Superficial (TS)**

A temperatura superficial (TS) foi obtida através de um termômetro infravermelho digital MT-350 Minipa. A aferição foi efetuada aproximando o instrumento a uma distância de 7 cm da pele do animal, em cinco pontos distintos, sendo estes: frente, costela, flanco, perna e úbere. A temperatura superficial foi expressa pela média dos pontos aferidos.

#### **4.4.3. Frequência Respiratória (FR)**

A frequência respiratória (FR) foi realizada por avaliação visual, onde se observou os movimentos do flanco do animal, por um período de 15 segundos, e o resultado multiplicado por quatro, totalizando os movimentos obtidos em 1 minuto (mov. min<sup>-1</sup>).

### **4.5. Análise estatística**

Os dados ambientais como a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e o índice de temperatura e umidade, bem como os parâmetros fisiológicos: temperatura retal, temperatura superficial e frequência respiratória foram expressos em média aritmética e erro-padrão, em seguida avaliados por ANOVA para verificar o efeito da época do ano e horários, utilizando o modelo GLM (*General Linear Model*) do programa estatístico SYSTAT versão 12. Em seguida as comparações entre os períodos do ano e horários foram avaliados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

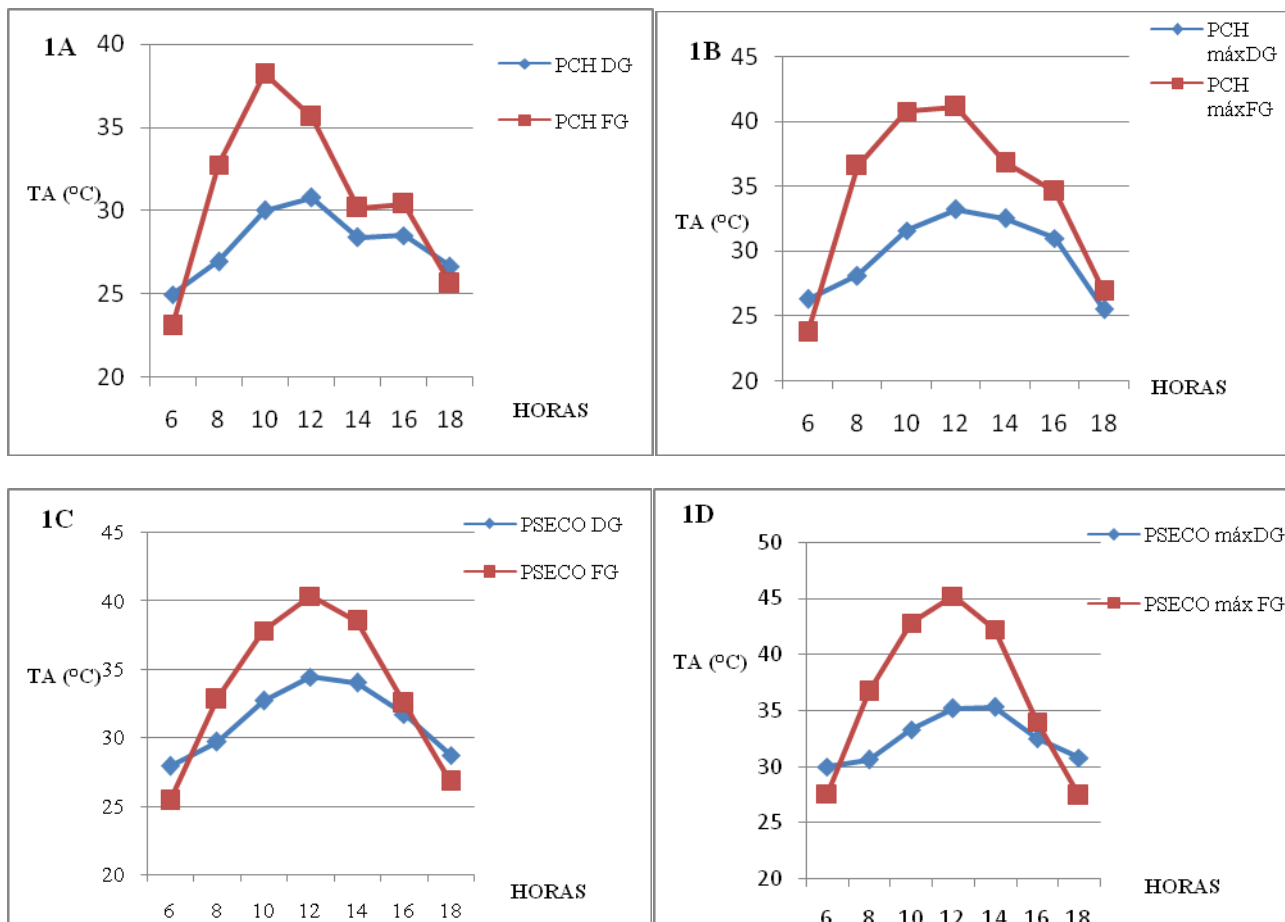
Foram realizadas correlações simples de Pearson para verificar a magnitude e direção da proporcionalidade das variáveis ambientais e as variáveis fisiológicas, observando-se a independência das variâncias dos pares de observações utilizadas.

Utilizou-se do teste qui-quadrado para verificar as diferenças das proporções com relação a frequência de ocorrência de estresse térmico nos diferentes horários de observações.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Variáveis Ambientais:

#### 5.1.1. Temperatura do Ar (TA)



Figuras 1A, 1 B. Valores médios e máximos da temperatura ambiental (TA) no período chuvoso dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG) das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco. 1C, 1D. Valores médios e máximos da temperatura ambiental (TA) no período seco (DG) e (FG), das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.

As figuras 1A e 1C, revelam que, independente da época do ano, as temperaturas mais elevadas ocorrem sempre entre 10 e 14 horas do dia, sendo que essas são significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) fora do galpão (FG), mostrando que o sistema *free stall* com uso de ventiladores atenua o impacto térmico das altas temperaturas nestes horários. As figuras 1B e 1D mostram que os valores máximos de temperatura ambiente em ambos os períodos seguem a mesma evolução das temperaturas médias, tanto dentro (DG) como fora (FG) do galpão, chegando a valores bem elevados acima dos 40°C. Estes resultados confirmam os obtidos por ROCHA (2008) que trabalhando com bovinos leiteiros em região de clima quente e úmido no



estado do Ceará, verificou que a época de temperatura ambiente mais elevada ocorreu nos meses mais secos do ano.

SOUZA (2010), em experimentos realizados com cabras saanen também nas mesmas condições climáticas, observou que as temperaturas máximas e mínimas foram maiores fora do galpão que dentro do galpão e que as maiores temperaturas ambientes ocorreram nos horários das 11 às 13 horas. Ainda no mesmo trabalho pode-se observar que a TA dentro do galpão apresentou-se menor em relação a fora do galpão, fato este que vai ao encontro dos resultados obtidos nesse experimento.

O fato de ocorrerem menores temperaturas ambientais dentro do galpão relaciona-se a quantidade de energia térmica absorvida e refletida pelo material do telhado (Sevegnani; Guelfi; Silva, 1994), que dependendo de seus componentes poderá ocorrer menor ou maior absorção de energia. Resultados semelhantes também foram assinalados por Silva (2010) trabalhando com búfalas da raça Murrah, concluiu que o turno da tarde é considerado o mais estressante também para esses animais e que os mesmos sem acesso a sombra apresentaram maiores valores das variáveis fisiológicas.

Os dados de temperatura ambiente denotam que essa faixa de temperatura, acima dos 35°C excede o valor considerado de conforto para vacas leiteiras. O ideal de TA para desempenho máximo de bovinos leiteiros, ou seja, a zona de conforto térmico situa-se entre 0°C e 16°C para animais Holandeses puros, para animais Zebuínos entre 10°C e 27°C, para seus mestiços de 5° C a 31°C (PEREIRA, 2005).

Quando os animais saem de seus limites de conforto térmico, há um redirecionamento de toda sua energia metabólica, que antes seria utilizada para crescimento, produção de leite e carne e manutenção de todo o equilíbrio celular e hormonal (Wheelock et al., 2010), passa a ser prioridade manter a homeostasia, e como consequência há redução na produção de calor através de alterações comportamentais e adaptativas (JORDAN, 2003).

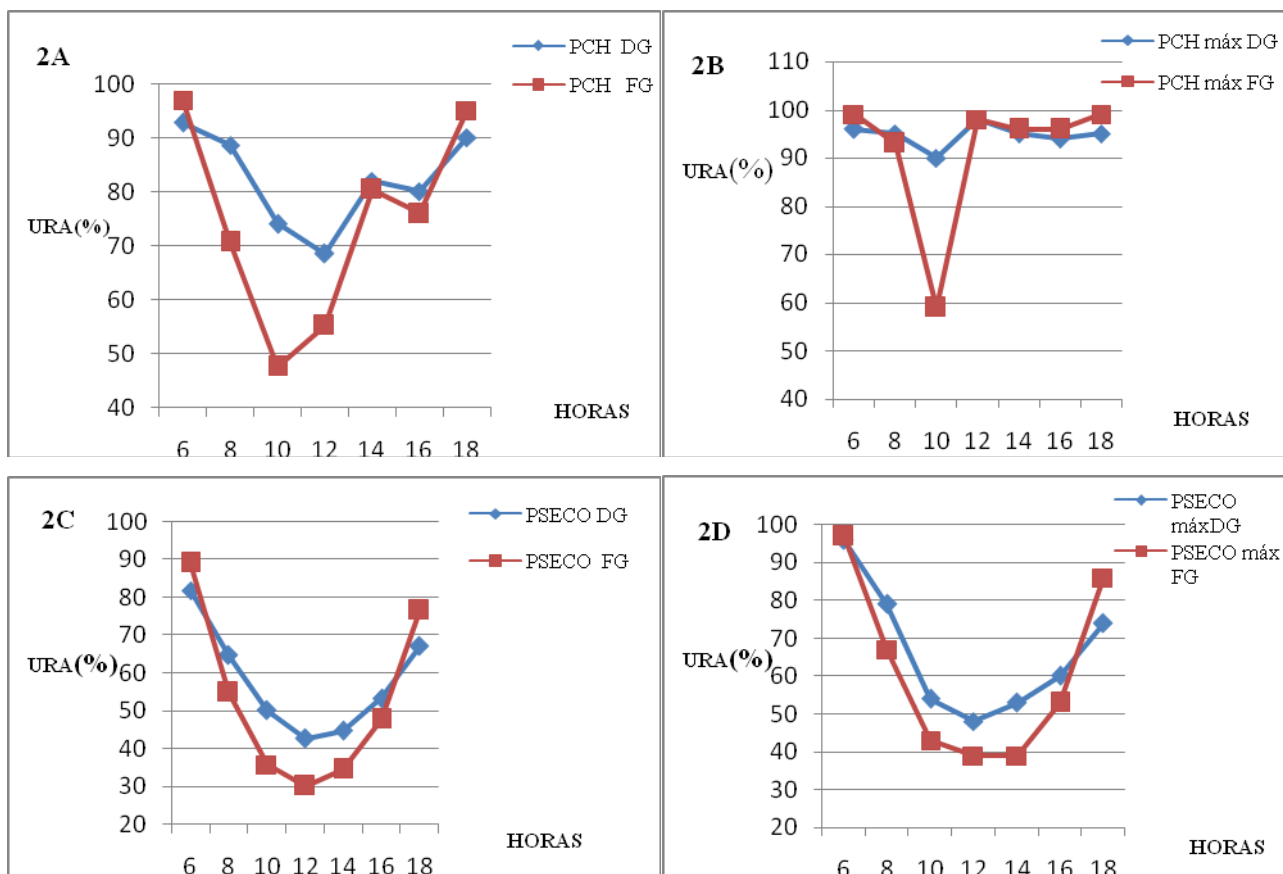
Com base nestes resultados pode-se admitir que o horário de maior desconforto aos animais situa-se entre o final da manhã e o início da tarde, e a estrutura do *free stall* confere proteção contra a radiação solar, sendo a TA mais alta e desconfortante ocorrendo fora do galpão.

Desta forma, através de alterações no manejo com o uso de sombras, mecanismos de ventilação, sistemas de nebulização e aspersão podem reduzir a temperatura no interior das instalações, com isso menos calor será absorvido pelos animais, mais energia será direcionada para os processos fisiológicos para o melhor desempenho produtivo (FINCH, 1986; HAHN, 1993). Constatação essa comprovada por Silva et al., (2002), analisando os efeitos da

climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas, observaram que durante a segunda ordenha (no horário das 15 h), os efeitos da climatização no ambiente foram mais acentuados, promovendo aumentos significativos na produção de leite.

Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que no horário da tarde as condições climáticas superaram a faixa de termoneutralidade dos animais. Dessa forma, a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo (SRE) torna-se mais evidente maximizando as respostas do microclima interno da instalação, nas características fisiológicas e na produção (BAÊTA e SOUZA, 1997; ARCARO JÚNIOR et al., 2005; ALMEIDA et al., 2010).

### 5.1.2. Umidade Relativa do Ar (UR)



Figuras 2 A, 2B. Valores médios e máximos da umidade relativa do ar (URA) no período chuvoso dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG) das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco. 2C, 2D. Valores médios e máximos da umidade relativa do ar (URA) no período seco (DG) e (FG), das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.

Nas figuras referentes à umidade relativa do ar (UR), observa-se que a mesma apresenta-se uma evolução inversa ao da temperatura do ar, isto é, diminuem à medida que a TA aumenta. Independente do período do ano e do local (DG ou FD) os menores valores de UR ocorrem, nos

horários das 10 às 14 horas, com exceção do período chuvoso (fig. 2B) em que o valor mínimo ocorreu somente às 10 horas. Este fato pode ser explicado pela intensa incidência da radiação solar neste horário. A partir de então, a UR começa a aumentar, em decorrência da presença das chuvas que se concentraram nesta faixa de horário durante esta época chuvosa. Ao meio dia a intensidade de radiação é de 1,22 na zona temperada e 1,47 na zona tropical, caracterizando o total de calorias/ cm<sup>2</sup>/ minuto de intensidade de radiação solar que a superfície da terra recebe (MULLER, 1982).

Dados semelhantes foram encontrados por Rocha (2008), o qual observou em seu experimento que o pico da temperatura ambiente ocorreu no período das 13 às 14 horas, coincidindo com o valor mínimo da UR, em decorrência da maior radiação solar incidente neste horário.

A média no período chuvoso DG se mantêm elevada (> 70%). Já, FG nos horários das 8 às 12 horas observa-se os menores valores (< 70%), diferindo estatisticamente nos horários das 6 às 10 horas (P<0,05) (Figura 2A). Com diferenças estatísticas (P<0,05) entre os períodos do ano, onde a UR, dentro do galpão, no período chuvoso foi mais elevada. DG possui características de microclima, onde o vapor d'água resultante da respiração, a umidade oriunda das excretas bem como o aumento da reflexão dos raios solares contribui para o aumento da umidade dentro da instalação.

Assim como as altas temperaturas ambientes são prejudiciais ao desenvolvimento fisiológico, a UR também impacta negativamente de igual ou maior magnitude. Os mecanismos de dissipação de calor através dos processos evaporativos e da transpiração são prejudicados pela saturação de vapor d'água (HANSEN, 2004; PEREIRA, 2005).

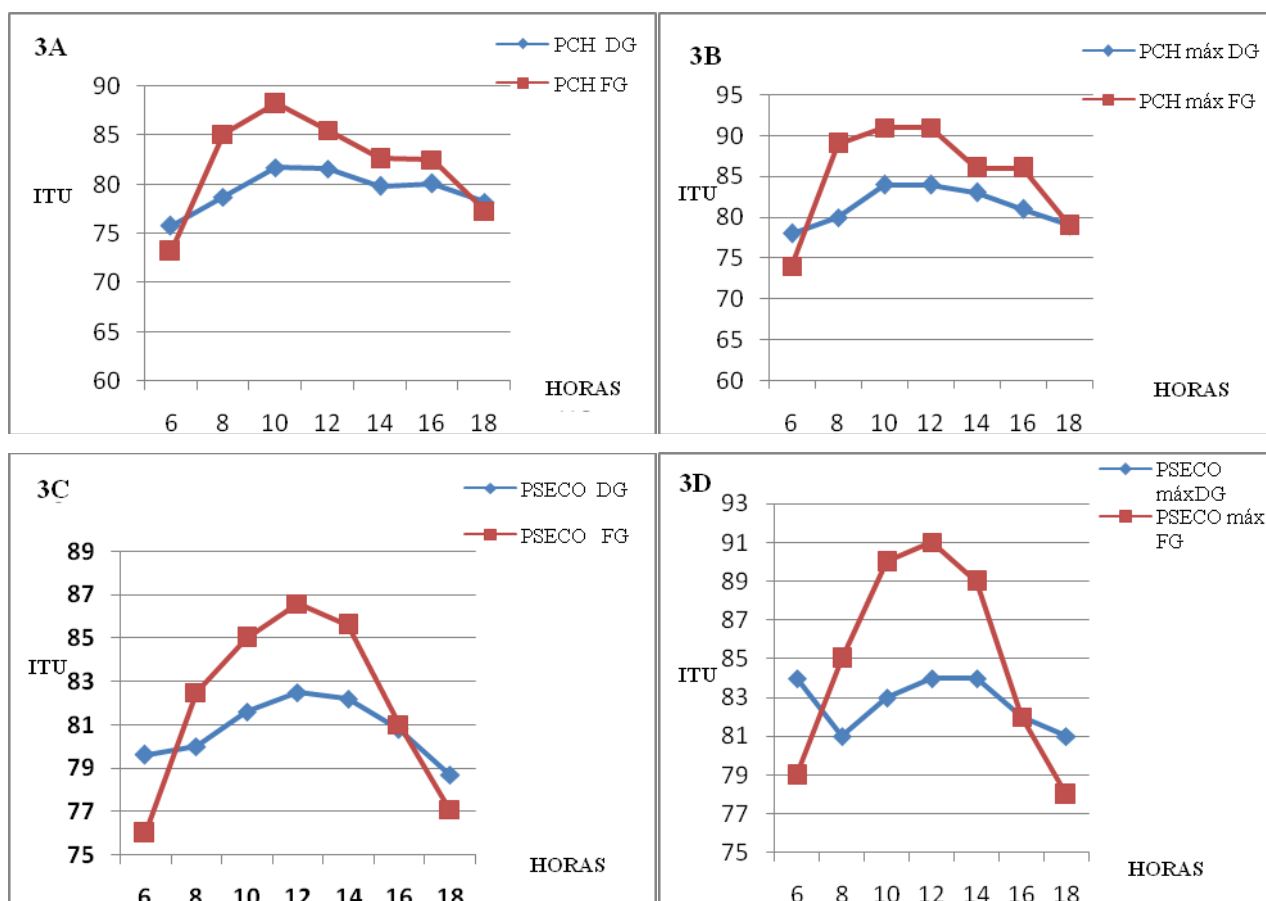
Durante o período chuvoso pôde-se observar maior concentração de chuvas no horário das 10 horas, fato este que veio influenciar no comportamento da UR, que neste horário se encontrou bastante alta, diferindo do comportamento observado durante o período seco, em que a umidade só começa a aumentar a partir das 14 horas em decorrência da diminuição da incidência dos raios solares. Diante disto, pode-se comprovar observando os valores máximos da UR para os dois grupos (DG e FG), que no primeiro apresentaram-se bastante elevados durante todo o dia (> 90%) e no segundo somente o horário das 10 horas foi onde se observou menor valor (Figura 2B).

Já no período seco, os valores para ambos os grupos (DG e FG) apresentaram evoluções semelhantes. A UR decresce a partir das 6 horas, com menores valores ao meio dia DG (42 ±1,5) e FG (30±2,3), a partir desse horário retorna a uma evolução ascendente. Com diferenças estatísticas apenas nos horários das 10, 12 e 18 horas (P <0,05) (Figura 2C). O que vem a

confirmar observando a (Figura 2D) em que os valores da UR no horário das 10 às 14 horas são os mais baixos.

Dados confirmados por Martello et al., (2004), onde registraram-se, às 13 h, os menores valores absolutos de UR para ambientes com sombra com e sem ventilação e aspersão. Durante este período não há influência da pluviosidade, com isso a UR tende a ser baixa. A umidade atmosférica é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas. Desta forma está intimamente ligada à presença de rios, mares, oceanos e à cobertura vegetal (BAËTA e SOUZA, 1997).

## 5.2. Índice de Temperatura e Umidade (ITU)



Figuras 3A e 3B. Valores médios e máximos do ITU no período chuvoso dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG) das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco. Figuras 3C e 3D. Valores médios e máximos do ITU no período seco dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 06:00h às 18:00h em clima tropical quente e seco.

As figuras 3A e 3C, revelam que independente da época do ano, os maiores valores de ITU ocorrem entre 08 e 14 horas com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os locais FD e DG, sendo que no período chuvoso apresenta os valores médios e máximos mais baixos de ITU

em relação ao período seco. Isto se explica pelo fato que a temperatura do ar diminuiu consideravelmente durante o período de chuvas com aumento da UR.

Mesmo apresentando valores de ITU inferiores ao período seco, não deixa de ser alto o suficiente para ser classificado como condição ambiental susceptível a ocorrência de estresse térmico. De acordo com os resultados obtidos neste experimento podemos observar que durante o período chuvoso para ambos os locais (DG e FG) a condição é de perigo e emergência. Para o período seco a condição é de emergência para ambos os locais de acordo com a classificação de HAHN (1985).

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um valor que representa a combinação dos efeitos da temperatura ambiente e umidade relativa do ar associando com a ocorrência do estresse térmico (Baumgard et al., 2006 ; Bohmanova, Misztal, Cole., 2007), podendo este ser avaliado de acordo com os valores do ITU, para Hahn (1985), valores correspondente ao ITU de 70 caracteriza condição não estressante, entre 71 e 78 condição crítica, de 79 a 83 condição de perigo e acima de 83 caracteriza condição de emergência.

Já para Du Prezz et al. (1990) citado por Perissonoto, Moura e Da Cruz, (2007) valores de ITU menores que 70 caracterizam situação normal, condição de alerta para valores entre 70 e 72, situação crítica com perda de produção de leite de 78 a 82, e situação de emergência para valores acima de 82.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Salles, (2010) e Silva, (2010) onde também observaram ITU elevado à tarde, durante o período chuvoso. Tal fato ocorre em decorrência das altas temperaturas ambientes associadas com o aumento da UR durante as chuvas. Resultados estes que vão ao encontro dos observados por Arcaro Júnior et al. (2005) e Souza, (2010), que também observaram valores máximos de ITU nesta faixa de horário.

Já Damasceno et al. (2008), verificaram que o horário de maior desconforto para as vacas leiteiras de seu experimento, realizado em Piracicaba- SP, situou-se no horário entre 14 e 17 h. Silva et al. (2002) verificaram que às 7 h o ambiente apresentou-se em condições ideais, com o ITU situando entre 72 e 75.

Faria et al. (2008), estudando a variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite, observou que os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) apresentaram-se acima dos limites para caracterização de situações de alerta, para todos os ambientes estudados.

Azevedo et al. (2005) avaliando a estimativa de níveis críticos superiores do ITU para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação no verão no estado de Minas Gerais, observaram valores médios de 72,8 e 77,5 para os dois períodos (manhã e tarde). No presente

experimento graus de sangue semelhantes foram utilizados, sendo a média do ITU DG pela manhã de 75 e a tarde de 81 e FG um ITU de 73 pela manhã e 88 à tarde para a época chuvosa. Na época seca valores do ITU de 80 pela manhã DG e 82 a tarde e FG um ITU de 76 e 86 para os turnos da manhã e tarde respectivamente. Afirmando que no presente experimento a época chuvosa dentro do galpão oferece melhores condições de conforto para os animais. Resultados semelhantes foram encontrados por Rocha (2008) nas mesmas condições climáticas.

Com base nas figuras 3B e 3D, podemos observar que os valores máximos se encontram bem acima dos valores médios, independente da época do ano e do local, sendo os valores mais exacerbados fora do galpão. Fato este podendo ser explicado pela intensa radiação solar, resultando em altas temperaturas ambientais e baixa umidade relativa.

Adicionalmente sem a proteção da estrutura do *free-stall*, as condições climáticas ao ar livre são extremamente impactantes na produção animal. Podemos então, afirmar que a estrutura do *free-stall* com o uso de ventiladores atua reduzindo os valores do ITU, mas não para um nível de conforto ambiental com ausência de estresse.

O que explica maior desconforto durante o período seco são as altas temperaturas ambientais em decorrência da maior incidência da radiação solar. Diante disso os animais começam a absorver calor do ambiente, em adição ao calor proveniente do metabolismo, resultando em aumentos dos parâmetros fisiológicos e ajustes termorregulatórios no intuito de manter a homeotermia e com isso conseguirem dissipar maior quantidade de calor (PEREIRA, 2005).

Arcaro Júnior et al., (2005) avaliando a eficiência do uso de climatização (ventilação forçada e aspersão) no ambiente da sala de espera observaram que o ITU reduziu de 73,3 para 70,2, bem como, redução da frequência respiratória e temperatura superficial dos animais. No presente estudo, a utilização da cobertura do *free-stall* complementado com a ventilação forçada reduziu o ITU durante a época chuvosa, no horário mais quente de 81 para 88, e para a época seca de 82 para 86.

De acordo com os resultados obtidos neste experimento podemos admitir que o horário das 10 às 12 horas, o ambiente fora do galpão e a época seca são os que apresentam o ITU mais elevado, resultando em situações de desconforto térmico aos animais durante grande parte do dia. A utilização de sistemas de *free-stall* associados com o uso de ventiladores são capazes de atenuar os efeitos do estresse térmico através da redução nos valores do ITU.

### 5.3. Variáveis Fisiológicas

**Tabela 1.** Médias  $\pm$  erro-padrão, valor de máxima e mínima das variáveis fisiológicas de vacas mestiças *Bos taurus* x *Bos indicus*.

| VARIÁVEIS    | PERÍODO |                                |                               |                                |                                |                                |                                |
|--------------|---------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|              | SECO    |                                |                               | CHUVOSO                        |                                |                                |                                |
|              | 06:00   | 12:00                          | 18:00                         | 06:00                          | 12:00                          | 18:00                          |                                |
| TR (°C)      | Média   | 39,06 $\pm$ 0,04 <sup>aA</sup> | 39,4 $\pm$ 0,04 <sup>bC</sup> | 39,03 $\pm$ 0,04 <sup>aE</sup> | 38,70 $\pm$ 0,05 <sup>aB</sup> | 38,90 $\pm$ 0,05 <sup>bD</sup> | 38,70 $\pm$ 0,05 <sup>aF</sup> |
|              | Máx     | 40,20                          | 40,5                          | 40,1                           | 40,1                           | 40,3                           | 40,0                           |
|              | Mín     | 38,0                           | 38,2                          | 38,0                           | 36,8                           | 37,4                           | 37,3                           |
| FR (mov/min) | Média   | 73,4 $\pm$ 1,36 <sup>aA</sup>  | 82,6 $\pm$ 1,57 <sup>bC</sup> | 68 $\pm$ 1,28 <sup>aE</sup>    | 65,2 $\pm$ 1,31 <sup>aB</sup>  | 75,2 $\pm$ 1,36 <sup>bD</sup>  | 61,7 $\pm$ 1,12 <sup>aF</sup>  |
|              | Máx     | 108                            | 120                           | 112                            | 96                             | 112                            | 96                             |
|              | Mín     | 30                             | 44                            | 40                             | 36                             | 44                             | 40                             |
| TS (°C)      | Média   | 32,9 $\pm$ 1,13 <sup>aA</sup>  | 34,8 $\pm$ 1,12 <sup>bC</sup> | 33,1 $\pm$ 1,13 <sup>aE</sup>  | 31,6 $\pm$ 0,15 <sup>aB</sup>  | 33,5 $\pm$ 0,13 <sup>bD</sup>  | 31,9 $\pm$ 0,14 <sup>aF</sup>  |
|              | Máx     | 35,8                           | 37,7                          | 36,6                           | 35,6                           | 36,8                           | 35,6                           |
|              | Mín     | 26,3                           | 30,8                          | 29,7                           | 25,5                           | 29,5                           | 26,6                           |

TR- Temperatura retal; FR- frequência respiratória; TS- Temperatura superficial.

<sup>a,b</sup> Médias dos horários dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ( $P < 0,01$ ).

<sup>A,B</sup> Médias dos horários entre os períodos, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ( $P < 0,01$ ).

#### 5.3.1. Temperatura Retal

Independente do período do ano, às 12h do dia foi o horário onde os animais apresentaram a temperatura mais alta, diferindo estatisticamente da manhã e da tarde ( $p < 0,05$ ), sendo o período seco onde a TR dos animais foi mais alta ( $39,4 \pm 0,04$ ;  $38,9 \pm 0,05$ ). (Tabela 1). Com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das médias nos períodos e entre os períodos, com o horário das 12 horas diferindo das 06 e 18 horas para ambos os períodos. Este fato pode ser explicado em decorrência da intensa radiação solar neste horário, resultando em elevadas temperaturas ambientes, adicionalmente ao intenso calor metabólico produzido pelas vacas leiteiras, todos estes somados desafiam os mecanismos de termorregulação, sendo

estes ineficientes, culminam no aumento da temperatura corporal e aumento do desconforto térmico.

Durante o período chuvoso a temperatura retal foi mais baixa em decorrência da menor temperatura ambiente, juntamente com a menor absorção da radiação térmica incidente. O tipo de instalação usada neste estudo provavelmente minimizou os efeitos negativos do ambiente durante o período mais quente do dia. Dados estes vão ao encontro dos experimentos realizados por Cezar et al. (2004), Neiva et al. (2004), Rocha (2008); Salles (2010); Silva (2010b) e Souza (2010) onde observaram que a TR média do período da tarde é, em geral mais elevada que o período da manhã.

Já Pires et al. (2002) estudando o comportamento da TR de vacas Holandesas em instalação *free-stall* com acesso a área descoberta, encontraram que às 9 horas a TR se encontrava na faixa de 38,9°C e às 21 horas com 39,3°C. Concluindo que a TR foi mais elevada à noite em decorrência do acúmulo de calor durante o dia e da dificuldade de dissipação do mesmo. Neste estudo o horário que apresentou as temperaturas retais mais elevadas ocorreu às 12 horas.

A capacidade do animal de resistir às condições de estresse térmico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e na frequência respiratória, sendo a primeira bastante usada como um índice de adaptabilidade fisiológica aos ambientes quentes (BACCARI JÚNIOR, 2001).

O alto desconforto dos animais pode ser comprovado através da observação das temperaturas retais máximas (40,5°C; 40,3°C), em que todos os horários apresentaram valores além do fisiológico. A faixa de TR considerada fisiológica situa-se entre 38°C a 39,0°C para bovinos leiteiros (SWENSON e REECE, 1993; CUNNIGHAM, 2004).

Se apenas os valores médios da TR forem considerados, observa-se que as mesmas não extrapolam em grandes dimensões os valores fisiológicos recomendados para a espécie bovina, observando-se os valores máximos (Tabela 1), conclui-se que em todos os horários do dia essa variável fisiológica excede o limite preconizado na literatura científica, sendo a TR uma variável fisiológica que expressa a quantidade de calor acumulado pelos animais durante um turno, sendo maior ao final do dia quanto maior for o calor ambiente (ANDRADE et al., 2007).



Adicionalmente a observação do ITU em ambos os períodos do ano (seco, chuvoso) no horário das 12 horas (>80), pode-se prever que as condições climáticas da região estudada são adversas a produção animal. Visto que o ITU é um preditor das reais condições ambientais (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007). E à medida que a TA e a UR aumentam há uma tendência do animal utilizar mecanismos fisiológicos para a manutenção da homeotermia (PEREIRA, 2005).

Não funcionando os mecanismos de termorregulação os animais começam acumular calor, quando esse acúmulo de energia passa a ser excessivo, o organismo começa a lançar mão de alterações fisiológicas no intuito de gerar menos calor e aumentar a sua dissipação (ENCARNAÇÃO, 1997).

Quando o ITU ultrapassa o valor de 72, resulta em perdas econômicas significativas para a cadeia produtiva leiteira, principalmente pela redução na produção de leite e no desempenho produtivo. Esforços para minimizar esses efeitos negativos devem focar em fornecer sombras adequadas aos animais, água de boa qualidade, fornecer os tratamentos alimentares nos horários mais frios e manejá-los nos horários mais amenos (HAHN, 1993).

Com base nos resultados das temperaturas retais podemos admitir que o período seco é o mais impactante. Da mesma forma, o período chuvoso também não é considerado a época de melhor conforto, pois apresentam as temperaturas retais máximas bastante elevadas e fora da faixa considerada fisiológica. Ou seja, não há condições ideais de conforto térmico em nenhuma época do ano, com base na variável temperatura retal.

### 5.3.2. Frequência Respiratória (FR)

Independente da época do ano os valores médios da FR em todos os horários foram considerados acima dos valores fisiológicos para a espécie (Tabela 2), sendo maiores durante o período seco, no horário das 12 horas, Com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das médias nos períodos e entre os períodos, com o horário das 12 horas diferindo das 06 e 18 horas para ambos os períodos, podendo-se comprovar através da observação dos valores máximos (120; 112 mov. resp./min), situados bem acima dos considerados fisiológicos. Dados estes influenciados pelos valores altos da temperatura ambiente e umidade do ar.

O aumento da FR resulta do esforço do organismo em dissipar calor, durante o período seco as elevadas temperaturas ambientais são responsáveis pela sobrecarga na atividade respiratória, com isso o animal aumenta a FR no intuito de dissipar mais calor. Na

época chuvosa a UR é responsável pelo aumento da FR, adicionalmente com as altas temperaturas ambientais.

Estudos realizados por Martello (2006) avaliando a interação animal-ambiente sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em *free-stall* observou que a FR registrada no verão situou-se entre 49 e 58 mov./min, sendo o valor mais elevado no horário das 14h10min. Neste experimento a FR no verão situou-se entre 68 e 83 mov./min, sendo o horário das 12 horas o de pior desempenho.

Com a saturação de vapor d'água na atmosfera fica difícil o animal utilizar o mecanismo de perda de calor por evapotranspiração (ofegação), sendo este o meio mais requisitado de dissipação de calor em regiões de clima tropical (PEREIRA, 2005). Quando em ambientes com condições de termoneutralidade, mais precisamente, na zona de conforto térmico os bovinos leiteiros apresentam frequência respiratória entre 24 a 36 mov/min, (DIRKSEN; GRUNDER; STOBER, 1993). Já para Brown- Brandl et al. (2006) consideraram valores próximos dos 60 mov./min como frequência respiratória fisiológica e acima dos 60 mov./min como elevada.

Neste experimento valores de 68 a 73 mov./min foram observados nos horários onde as TA estavam mais amenas durante a época seca e, de 61 a 65 mov./min durante a época chuvosa, valores estes bem acima dos encontrados na literatura para bovinos leiteiros.

Para Silanikove (2000) citado por Andrade et al. (2007), a frequência respiratória em ruminantes pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, estresse médio com FR entre 40-60 mov./min, médio-alto entre 60-80mov/min e alto entre 80-120 mov./min. No presente experimento, de acordo com esta classificação, com base na FR, o período seco pode ser classificado como situação de estresse médio-alto e o período chuvoso como médio a médio-alto.

Foi no horário das 18 horas ( $61,7 \pm 1,12$  mov. resp./min), durante o período chuvoso, onde a média da FR mais se aproximou da normalidade ( $p < 0,05$ ). Fato este decorrente de menor temperatura do ar e umidade do ar não tão alta, levando a condições ambientais confortáveis, permitindo assim o organismo direcionar parte de sua energia para os processos de crescimento e produção, os quais em ambientes estressantes seriam direcionados para processos de regulação da temperatura (JORDAN, 2003).

Neste horário das 18 horas o ITU foi de 77, classificado como crítico, nestas condições ambientais os animais não alteram tanto a FR em virtude de não necessitarem, pois a TA apresentou-se mais amena, em decorrência da ausência da radiação solar, da cobertura do *free-stall*, bem como, a presença dos ventiladores. A TR apresentou-se dentro dos limites

fisiológicos, devido a ausência da radiação proveniente do ambiente, e toda a energia sendo proveniente dos processos metabólicos, resultando em menor quantidade de calor absorvido e consequentemente dissipado, alterando assim minimamente a FR.

Para Ferreira et al. (2009) os bovinos conseguem amenizar os efeitos do estresse térmico através de mecanismos fisiológicos adaptativos de perda de calor, evitando assim o aumento da temperatura corporal, resultando assim, em aumentos da frequência respiratória um mecanismo adicional à perda de calor por sudorese constituindo-se, ambos, em meios importantes de perda de calor por evaporação.

### 5.3.3. Temperatura superficial (TS)

Independente da época do ano e do horário, as médias da TS apresentam-se dentro dos limites fisiológicos, sendo o período seco e o horário das 12 horas os de maiores valores. Com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das médias nos períodos e entre os períodos, com o horário das 12 horas diferindo das 06 e 18 horas para o período seco, no período chuvoso houve diferenças significativas para todos os horários ( $p < 0,05$ ). Resultados semelhantes foram obtidos por Souza (2010), trabalhando com cabras Saanen, observou que as maiores médias foram observadas no turno da tarde e no período seco.

Contudo, ao compararmos os valores máximos podemos perceber que os mesmos excedem os limites considerados fisiológicos, sendo elevados em todos os horários durante a época seca, e na época chuvosa nos horários das 12 e 18.

Esta variável esta diretamente interligada com a TR e a FR, visto que o clima influencia em grande parte nas variações dos seus valores, sendo mais elevada durante o período seco em decorrência da absorção da radiação solar e do resultado do calor gerado do metabolismo corporal. No período chuvoso, como há menor incidência da radiação solar, menos calor será absorvido. Os valores da temperatura superficial, assim como da TR e FR assumem valores crescentes durante o dia, apresentando valores máximos às 12 horas e mínimos às 18 horas.

Perissinoto et al. (2006), avaliando a eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo free-stall para confinamento de gado de leite, concluiu que os sistemas de resfriamento estudados, comparados entre si, não promoveram diferenças significativas na temperatura retal, na frequência respiratória e na temperatura média do pelame preto.

O calor gerado pelo corpo é transferido da pele para o ambiente por radiação, convecção, condução ou evaporação (SANTOS et al., 2005). Com isso, a temperatura da superfície corporal depende das condições de temperatura ambiente e umidade do ar, velocidade dos ventos, e das condições fisiológicas como vascularização e evaporação pelo suor.

Assim, contribuindo para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente em temperaturas amenas, e sob condições de estresse térmico, as perdas sensíveis são diminuídas e a evaporação torna-se o principal processo de perda de calor (FERREIRA et al., 2006).

Para Martello (2006) durante o verão a temperatura do pelame variou de 31°C a 36°C, sendo que a TS mais elevada ocorreu às 14 horas e durante o inverno variou entre 27°C a 33°C com temperaturas mais elevadas às 15h30min. No presente estudo a TS variou de 32,9°C a 34,8°C durante a época seca, sendo o horário das 12 horas o de maior temperatura. Já na época chuvosa variou de 31,6°C a 33,5°C, sendo mais elevada também no mesmo horário.

Tabela 2. Frequência das temperaturas retais fisiológicas e máximas em vacas leiteiras mestiças, no período seco e chuvoso, nos horários (06:00h, 12:00h e 18:00h), criadas em sistema de *free stall*, em clima tropical quente e seco.

| Horários | Períodos        |                 |                 |                 |                 |                |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
|          | Seco            |                 |                 | Chuvoso         |                 |                |
|          | < 39,3 °C       | 39,4- 40°C      | > 40°C          | < 39,3°C        | 39,4- 40°C      | >40°C          |
| 06:00h   | 81 <sup>a</sup> | 29 <sup>a</sup> | 2 <sup>a</sup>  | 98 <sup>a</sup> | 13 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup> |
| 13:00h   | 49 <sup>b</sup> | 53 <sup>b</sup> | 10 <sup>b</sup> | 87 <sup>a</sup> | 20 <sup>a</sup> | 5 <sup>a</sup> |
| 18:00h   | 91 <sup>a</sup> | 20 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>  | 94 <sup>a</sup> | 18 <sup>a</sup> | 0 <sup>a</sup> |

Os dados da tabela 1 revelam que a maior ocorrência de TR acima dos limites fisiológicos ocorreu no horário das 12 horas durante o período seco. Fato este podendo ser explicado em decorrência da maior incidência da radiação solar e ausência de chuvas. Com isso, o ambiente se tornou muito aquecido, favorecendo a absorção e acúmulo de calor pelos animais, resultando no acionamento dos mecanismos termorregulatórios, levando a sobrecarga dos mesmos, e conseqüentemente aumentos na temperatura retal.

Independente da época do ano, o horário de maior frequência de TR dentro dos limites fisiológicos ocorreu nos horários de 6 e 18 horas. Resultado de temperaturas ambientais amenas, em decorrência da menor ou ausência da incidência da radiação solar, durante o período seco, e durante o período chuvoso em decorrência da presença das chuvas, a qual reduziu a temperatura do ar. Não esquecendo que a estrutura do galpão atuou amenizando o impacto da radiação solar, promovendo assim menor quantidade de calor para ser absorvido.

Tabela 3. Frequência dos movimentos respiratórios fisiológicos e máximos em vacas leiteiras mestiças, no período seco e chuvoso, nos horários (06:00h, 12:00h e 18:00h), criadas em sistema de *free stall*, em clima tropical quente e seco.

| Horários | Períodos        |                 |                   |                 |
|----------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|          | Seco (mov/min)  |                 | Chuvoso (mov/min) |                 |
|          | 60 -80          | 81- 100         | 60 -80            | 81-100          |
| 06:00h   | 86 <sup>a</sup> | 26 <sup>a</sup> | 95 <sup>a</sup>   | 17 <sup>a</sup> |
| 12:00h   | 61 <sup>b</sup> | 51 <sup>b</sup> | 77 <sup>a</sup>   | 35 <sup>b</sup> |
| 18:00h   | 94 <sup>a</sup> | 18 <sup>a</sup> | 106 <sup>a</sup>  | 6 <sup>a</sup>  |

A maior ocorrência da FR acima dos limites fisiológicos ocorreu às 12 horas do dia durante o período seco, em decorrência das altas temperaturas do ar, da baixa umidade relativa do ar, tornando assim possível acionar o mecanismo de evapotranspiração, sendo o primeiro a ser utilizado para a termorregulação em regiões de clima tropical. Como a UR se encontra baixa durante o período seco, então, não há sobrecarga de vapor d'água na atmosfera, facilitando assim a dissipação de calor através da ofegação.

Durante o período chuvoso as FR não aumentam tanto em decorrência da dificuldade de perder calor por esta via, como resultado de grande saturação do ar com vapor d' água, resultando em acionamento de outros mecanismos de termorregulação. Sendo o horário das 6 e 18 horas o de maior ocorrência de FR dentro do padrão fisiológico, em virtude das melhores condições de temperatura ambiente, e menor quantidade de calor para ser absorvido pelos animais.

**Tabela 4.** Frequência das temperaturas superficiais fisiológicas e máximas em vacas leiteiras mestiças, no período seco e chuvoso, nos horários (06:00h, 12:00h e 18:00h), criadas em sistema de *free stall*, em clima tropical quente e seco.

| Horários | Períodos         |                 |                  |                 |
|----------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|          | Seco             |                 | Chuvoso          |                 |
|          | < 35 °C          | > 35°C          | < 35°C           | > 35°C          |
| 06:00hs  | 108 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup>  | 110 <sup>a</sup> | 2 <sup>a</sup>  |
| 13:00hs  | 57 <sup>b</sup>  | 55 <sup>b</sup> | 94 <sup>a</sup>  | 18 <sup>b</sup> |
| 18:00hs  | 101 <sup>a</sup> | 11 <sup>a</sup> | 110 <sup>a</sup> | 2 <sup>a</sup>  |

A maior frequência da TS acima dos limites fisiológicos ocorreu às 12 horas do dia durante o período seco, resultado da alta incidência da radiação solar, tornando assim a TA mais elevada, permitindo que mais calor seja absorvido pelos animais, sobrecarregando os mecanismos de termorregulação, e com isso resultando em mais calor acumulado. Durante a época chuvosa observa-se uma maior frequência da TS dentro dos limites fisiológicos, fato este explicado pelas temperaturas ambientais mais amenas, em decorrência da menor incidência da radiação solar, promovendo assim menos calor para ser absorvido pelos animais, juntamente com a cobertura do galpão promovendo um ambiente com menor carga de calor.

**Tabela 5.** Correlações entre as variáveis fisiológicas e ambientais no período seco e chuvoso, em vacas leiteiras criadas em clima tropical quente e seco.

| VARIÁVEIS     | PERÍODOS     |                |              |              |                |              |
|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
|               | SECO         |                |              | CHUVOSO      |                |              |
|               | TA           | UR             | ITU          | TA           | UR             | ITU          |
| <b>TR</b>     | <b>0,743</b> | <b>- 0,593</b> | <b>0,742</b> | <b>0,627</b> | <b>- 0,648</b> | <b>0,619</b> |
|               | (P<0,01)     | (P<0,01)       | (P<0,01)     | (P<0,01)     | (P<0,01)       | (P<0,01)     |
| <b>FR</b>     | <b>0,767</b> | <b>- 0,607</b> | <b>0,793</b> | <b>0,804</b> | <b>- 0,826</b> | <b>0,752</b> |
|               | (P<0,01)     | (P<0,01)       | (P<0,01)     | (P<0,01)     | (P<0,01)       | (P<0,01)     |
| <b>TS/TSU</b> | <b>0,703</b> | <b>- 0,613</b> | <b>0,689</b> | <b>0,895</b> | <b>- 0,862</b> | <b>0,866</b> |
|               | (P<0,01)     | (P<0,01)       | (P<0,01)     | (P<0,01)     | (P<0,01)       | (P<0,01)     |

TR- Temperatura retal; Frequência respiratória; TS- Temperatura superficial; TSU- Temperatura superficial do úbere; TA- Temperatura Ambiente; UR- Umidade relativa do ar; ITU- Índice de temperatura e umidade. (P <0,01).

Na tabela 5, observa-se que a TR apresentou nos dois períodos uma correlação significativa (P<0,01) e positiva com a TA e o ITU, e negativa com a URA, sendo essas correlações mais altas no período seco. Com o aumento da TA e do ITU, conseqüentemente os animais respondem aumentando a TR, como resultado da inabilidade de manter a homeotermia, através da sobrecarga dos mecanismos termorregulatórios, com isso o calor gerado através do metabolismo e somado ao calor absorvido do ambiente, exaurem a capacidade de dissipação do calor.

Azevedo et al. (2005) também observaram que as temperaturas retais, corporal e a frequência respiratória se correlacionaram positivamente com ITU (P<0,01), indicando uma associação do aumento no índice de conforto térmico com elevações naqueles parâmetros

---

fisiológicos.

As correlações referentes à FR foram altas e significativas ( $P < 0,01$ ) para a TA e o ITU, e negativa para a UR em ambos os períodos. Sendo altas tanto no período seco como no chuvoso, à medida que a TA e o ITU aumentam, há uma maior exigência do organismo para acionar os mecanismos para a termorregulação, iniciando com a evapotranspiração, sendo que, quando a UR está elevada, a ofegação se torna o meio ineficiente de perda de calor.

Souza (2010) observou em seu experimento com cabras Saanen correlação média e positiva da FR com a TA e o ITU. À medida que as variáveis de TA e ITU aumentam, os animais aumentam a FR no intuito de conseguir dissipar melhor o calor.

A TS e TSU apresentaram em ambos os períodos uma correlação significativa ( $P < 0,01$ ) e positiva com a TA e ITU, e negativa com a UR. Sendo essas correlações mais altas no período chuvoso. Podendo ser explicada pela ação das altas temperaturas ambientais combinadas com a alta umidade relativa do ar que oscilou durante todo o dia, sendo mais elevada das 10 às 12 horas, resultando em um ITU elevado. Já Santos et al. (2005) trabalhando com vacas e bezerros da raça Pantaneira e Nelore, encontraram correlação alta e negativa da TS com a UR.

No período chuvoso o ambiente se torna mais adverso em decorrência da presença de momentos de UR muito alta o que ocasiona sobrecarga nos mecanismos de termorregulação, interferindo diretamente na evapotranspiração. Essa correlação positiva com a TA e os parâmetros fisiológicos (TR, FR e TS) e negativa com a UR, independente do período, se explicam pelo fato da temperatura ambiental ser, realmente, o fator de maior impacto sobre a fisiologia animal quando comparada com a UR isoladamente. Contudo a associação destes dois fatores (TA e UR) pode provocar grande impacto sobre a fisiologia animal quando ambos se encontram em valores muito altos (PEREIRA, 2005).



---

## 6.CONCLUSÕES

Nas condições ambientais do presente estudo, conclui-se que, independente do período do ano, os animais estão sujeitos a um ambiente hostil, sendo o período seco o mais impactante por apresentar os maiores valores do ITU e maiores alterações dos parâmetros fisiológicos dos animais.

O período das chuvas, apesar do menor impacto sobre os parâmetros fisiológicos dos animais, não fornece, mesmo assim, a zona de conforto térmico desejável por apresentar valores de ITU considerados elevados para fornecer conforto ambiental aos animais.

Dentre os horários avaliados neste estudo (6, 12 e 18 horas), o horário de maior desconforto é, independente da época do ano, o de 12 horas, sendo durante período seco em que ele apresenta maior impacto sobre as variáveis fisiológicas avaliadas.

Conclui-se então que, nas condições de clima semiárido, a estrutura do *free- stall* com o uso de ventiladores somente atenua dentro das instalações os efeitos do clima, reduzindo os valores do ITU, mas não para um nível de conforto ambiental desejável que promova o bem estar animal satisfatório.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KATANANI, Y. M., PAULA-LOPES, F.F., HANSEN, P.J. Effect of season and exposure to heat stress on oocyte competence in Holstein cows. **J. Dairy Science**, v.85, p. 390-396, 2002.
- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G.A.P.; MORRIL, W.B.B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas Girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 31, p. 847-856, 2010.
- ANDRADE, I.S.; SOUZA, B.B.; FILHO, J.M.P.; SILVA, A.M.A.S. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e a suplementação em pastejo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 540-547, 2007.
- ANUÁRIO LEITEIRO EM NÚMEROS. **Publicação leite e negócios consultoria**. Ano 3, Ceará 2011.
- ARCARO JUNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, C. A. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.350-354, 2003.
- ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.P.; DEL FAVA, H. F.; MATARAZZO, S. V.; DE OLIVEIRA, J. E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.639-643, 2005.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M.Q.; SAMPAIO, I.B.M.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L. E. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- BACCARI Jr, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina:UEL, p.142, 2001.
- BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental para produção de leite nos trópicos**. 1º ciclo internacional de palestras sobre bioclimatologia animal (Anais). Botucatu, FMVZ/UNESP, 1986.
- BACCARI JÚNIOR, F.; AGUIAR, I. S.; TEODORA, S. M. Hipertermia, taquipnéia e taquicardia em vacas Holandesas malhadas de vermelho sob estresse térmico. In: **congresso Brasileiro de Biometereologia**, Jaboticabal, 1995. Anais. FUNEP, p.15-16, 1995.

BACCARI, F. J. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. In: **I simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, p. 24-67, Piracicaba, FEALQ, 1998.

BADINGA, L.; TATCHER, W. W.; DIAZ, T.; DROST, M. WOLFENSON, D. Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. **Theriogenology**, v.39, p. 797-810, 1993.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. A. **Ambiência em edificações rurais** - Conforto animal. UFV, viçosa, p. 246, 1997.

BANKS, W.J. **Histologia veterinária aplicada**. 2ed., Manole, p.629, 1991.

BAUMGARD, L.H.; WHEELLOCK, J. B.; SHWARTZ, M. O'BRIEN.; VANBAALE, M.J.; COLLIER, R.J.; RHOADS AND R.P. RHOADS. Effects of heat stress on nutritional requirements lactating dairy cattle. **Proceeding of the annual Arizona dairy production conference**, October, 2006.

BEATTY, D. T.; BARNES, A.; TAYLOR, E.; PETHICK, D.; McCARTHY, M.; MALONEY, S. K. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. **Journal of Animal Science**. V.84, p.972-985, 2006.

BERBIGIER, P. Effect of heat on intensive meat production in the tropics: Cattle, Sheep and Goats, pigs. **1º ciclo internacional de palestras sobre bioclimatologia animal** (Anais). Botucatu, FMVZ/UNESP, 1989.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**, Jaboticabal: FUNEP, P.583, 2006.

BERMAN, A.Y.; FOLMAN, M.K.; MARNEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y. Upper critical temperature and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. **J. Dairy Science**, v.68, p.1488-1495, 1985.

BEWLEY, J.M.; EINSTEIN, M.E.; GROTT, M.W.; SCHUTZ. Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 91:4661-4672, 2008.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J.B. Temperature – Humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **J. Dairy Sci.**, Suppl 90, p. 1947-1956, 2007.

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

BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J. A.; EIGENBERG, R. A.; MADER, T. L.; MORROW, J. L.; DAILEY. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. **Livestock Science**, v. 105, p.19-26, 2006.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the American Society Agricultural engineering**, v. 24, n.4, p. 711-714, 1981.

CANAES, T.S.; NEGRÃO, J.A. Aspectos fisiológicos, comportamentais e produtivos de cabras Alpinas submetidas ao transporte. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.893-897, 2009.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T. **CONSTRUÇÕES PARA GADO DE LEITE: Instalações para Novilhas**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em:<<http://www.infobibos.com/artigos/zootecnia/constleite/index.htm>>. Acesso em: 24/5/2012.

CARDOSO, M.V.; SFORSIN, A.J.; SCARELLI, E.; TEIXEIRA, S.R.; MIYASHIRO, S.; CAMPOS, F.R.; GENOVEZ, M.E. Importância do diagnóstico diferencial em um surto de pneumonia enzoótica bovina **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.69, n.3, p.111-113, 2002.

CARGILL, B. F.; STERWART, R. E. Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein cows. **Transactions of ASAE**, St Joseph, v.9, p. 701-706, 1996.

CARTMILL, J.A.; EL-ZARKOUNY, S.Z.; HANSLEY, B.A.; ROZELL, T.G.; SMITH, J.F.; STEVENSON, J.S. An alternative al breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperature before or after calving or both. **J.Dairy Science**, v.84, p.799-806, 2001.

CEZAR, M.F.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H.; FILHO, E.C.P.; TAVARES, G.P.; MEDEIROS, G.X. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico Semi-árido Nordestino. **Ciênc. Agrotec., Lavras**, v. 28, n. 3, p. 614-620, 2004.

COLLIER, R. J.; COLLIER, J.L.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L.H. Invited Review: Genes Involved in the Bovine Heat Stress Response. **J. Dairy Sci.** v. 91, p.445-454, 2008.

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

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3 ed, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 579, 2004.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames : The Iowa State University Press, p. 409, 1983.

DAMASCENO, J.C.; BACCARI JÚNIOR, F.; TARGA, L.A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.3, p.595-602, 2008.

De RENSIS, F., SCARAMUZZI, J.R. Heat Stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. **Theriogenology**, n.60, p.1139-1151, 2003.

DIKMEN, S.; ALAVA, E.; PONTES, E.; FEAR, J.M.; DIKMEN, B.Y.; OLSON, T.A.; HANSEN, P.J. Differences in thermoregulatory ability between slick-haired and wild-type

lactating Holstein cows in response to acute heat stress. **J. Dairy Sci**, v.91, p. 3395–3402, 2008.

DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. **Exame clínico dos bovinos** 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, P. 419, 1993.

DUCHIADE, M. P. Air Pollution and Respiratory Diseases: A Review. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. : 311-330, 1992.

DYCE, K.M.; SACK, W.O, WENSING, C.J.G. **Tratado de anatomia veterinária**. 2 ed., Guanabara Koogan, 1997.

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA**. <http://www.embrapa.br/>. Acessado em 10/07/2011.

ENCARNAÇÃO, R.O. **Estresse e produção animal**. 2ª reimp. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Campo Grande, MS, 1992.

FARIA, F.F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z.M.; MATARAZZO, S.V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v. 38, n.9, p. 2498-2505, 2008.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FINCH, V. A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. **J. Anim. Sci**, v. 62, p. 531-542,1986.

FUQUAY, J. W. Heat stress as it affects animal production. **J. Anim. Sci**, v. 52, p. 164-174, 1981.

GANGWAR, P.C.; BRANTON, C.; EVANS, D.L. Reproductive and physiological responses of Holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. **J. Dairy Sci**, v. 48, p. 222-227, 1965.

GARCÍA-SPIERTO, I.; LOPÉZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YÁNIZ, L.J.; NOGAREDA, C.; LÓPEZ-BÉJAR, M.; De RENSIS, F. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v. 65, p. 799-807, 2006.

GEOFFREY, E.D. Efeito do fotoperíodo na produtividade e saúde de vacas leiteiras. **XIV curso novos enfoques na produção e reprodução de bovinos**, Uberlândia - MG, 2010.

GILAD, E.; MEIDAN, A.; GRABER, Y; WOLFENSON, D. Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of estradiol in plasma of cyclic cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, n.99, p.315-321, 1993.

- GRAF, H.; CARVALHO, G.A. Fatores interferentes na interpretação de dosagens laboratoriais no diagnóstico de hiper e hipotireoidismo. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab**, v.46, n.1, p.51-64, São Paulo, 2002.
- GRUNERT, E.; BIRGEL, E. H.; VALE, W. G. **Patologia e clinica da reprodução dos animais domésticos: Ginecologia**, São Paulo: Livraria Varela, 2005.
- GUTLER, H.; KETZ, A.; KOLB, E. Fisiologia veterinária. 4 ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p.612, 1987.
- GUYTON, A.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p.1014, 2002.
- GWAZDAUSKAS, F. C. Effects of Climate on Reproduction in Cattle. **J Dairy Sci** v.68, p.1568-1578, 1984.
- GWAZDAUSKAS, F. C.; THATCHER, W. W.; KIDDY, C. A.; PAAPE, M. J.; WILCOX, C. J. Hormonal patterns during heat stress following PGF<sub>2</sub> $\alpha$  –Tham salt induced luteal regression in heifers. **Theriogenology**, n.16, p.271-285, 1981.
- GWAZDAUSKAS, F.C. Effects of climate on reproduction in cattle. **J. Dairy Sci**, v. 68, p. 1568-1578, 1985.
- HAHN, G. L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas**. FUNEP, Jaboticabal, p. 28, 1993.
- HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation o thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: International Livestock Environment Symposium, Minnesota, Proceedings. St. Joseph: **ASAE**, p. 125-129, 1997.
- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: Influences. In: Youssef, M.K. Stress physiology in livestock , v.2, Boca Raton, 1985.
- HANSEN, P.J. Estratégias para aumentar a sobrevida embrionária. **XIV curso novos enfoques na produção e reprodução de bovinos**, Uberlândia - MG, 2005.
- HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82-83, p. 349-360, 2004.
- HANSEN, P.J.; ARECHIGA, C. F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal Animal Science**, v.77, p.36-50, 1999.
- HANSEN, P.J.; DROST, M.; RIVERA, R. M.; PAULA LOPES, F.F.; AL KATANANI, Y.M.; KRININGER, , C.E.; CHASE Jr, C.C. Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. **Theriogenology**, v. 55, p. 91-103, 2001.
- HARDOIM, P. C. **Instalações para Gado de Leite**. Textos Acadêmicos. Universidade Federal de Lavras-UFLA, 2008.
- HOWELL,J.L.; FUQUAY, J.W.; SMITH, A.E. Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during spring and summer. **J.Dairy Sci**. v. 77, p.735-739, 1994.

- JOLY, C.A. **Centro de pesquisas metereológicas e climáticas aplicadas a agricultura**. Acesso em: 20/09/2011. Disponível em : <http://www.cpa.unicamp.br/index.html>.
- JORDAN, E. R. Effects of heat stress on reproduction. **J. Dairy Sci.** vol 86, E. Suppl., 2003.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 9 ed., Guanabara Koogan, 1999.
- KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, n. 77, p.59-91, 2002.
- KAWABATA, C. Y., R. C. CASTRO, H. SAVASTANO JUNIOR. 2005. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**. v.25, n.3, p. 598-607, 2005.
- KEISTER, Z.O.; MOSS, K.D.; ZHANG, H.M.; TEEGERSTROM, T.; EDLING, R.A.; COLLIER, R.J.; AX, R.L. Physiological responses in thermal stressed Jersey cows subjected to different management strategies. **J. Dairy Sci.** v. 85, p.3217–3224, 2002.
- LEW, B.J.; MEIDAN, R.; WOLFENSON, D. Concentrações hormonais e desenvolvimento folicular de vacas leiteiras em hipertermia sazonal e aguda. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.5, p.816-822, 2006.
- 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. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.2, p.544-549, 2006.
- MADAN, M. L.; JOHNSON, H. D. Environmental heat effects on bovine luteinizing hormone. **Journal of Dairy Science**, n.56, p.1420-1423, 1973.
- MARCHETO, F. G; NÂÂS, I. A; SALGADO, D.D; SOUZA. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Braz. J. Vet. Res. Animal**, v. 39, n. 6, p. 320-323, 2002.
- MARQUES, D. C. **Criação de Bovinos**. 7 ed. Ver. Atual e ampl. –Belo Horizonte-CPV, 2006.
- MARTELLO, L.S **Interação animal ambiente: Efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**. 113 f. Tese (Doutorado em zootecnia).Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- MARTELLO, L.S.; JÚNIOR, H.S.; PINHEIRO, M.G.; SILVA, S.L.; ROMA JÚNIOR, L.C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.24, n.2, p.263-273, 2004.
- MC DOWELL, R.E.; HOOVEN, N.M.; CAMOENS. Effects of climate on performance of Holstein in first lactation. **Journal Dairy Science**, v.59, p. 965-973, 1976.
- MCDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**, 1 ed, Zaragoza: Acribia, p.692, 1974.

MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA JÚNIOR, J.L.C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

MOLION, L.C.B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, ISSN: 1980-055X, Agosto, 2008.

MOTA, L. S. **Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras**. Tese (Doutorado em genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, p. 69, 1997.

MULLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 2 ed., Sulina, Porto alegre, p. 262 1982.

NÂÂS, I.A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NARDONE, A. Thermoregulatory capacity among selection objectives in dairy cattle in hot environment. **Zootec. Nutr. Anim.**, v.24, p.295-306, 1998.

NARDONE, A.; LACETERE, N.; BERNABUCCI, U.; RONCHI, B. Composition of colostrums from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. **J. Dairy Sci.** v. 80, p.838-844, 1997.

NASCIMENTO, M.R.B.M.; VIEIRA, R.C.; SILVA, G.C. Efeitos de mês, ordem de lactação sobre os hormônios tireoidianos de vacas e novilhas Holandesas. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 2, p. 55-60, 2006.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A.; ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.

NEBEL, R.L.; JOBST, S. M.; DRANSFIELD, M.B. G.; PANDOLFI, S.M.; BAILEY, T. L. Use of radio frequency data communication system, Heat watch, to describe behavioral estrus in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 80, suppl. 1, p. 179, 1997.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N.; OLIVEIRA, S.M.P.; MOURA, A.A.A. 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.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. E ed., São Paulo, Servier, 2002.

**Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação- FAO.**

<https://www.fao.org.br/publicacoes.asp>. Acessado em 10/07/2011.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMMVZ, p. 195, 2005.



PERISSINOTO, M.; MOURA, D.J.; MATARAZZO, S.V.; SILVA, I.J.O.; LIMA, K.A.O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado de leite. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p.663-671, 2006.

PERISSINOTTO, M; MOURA, D. J; DA CRUZ, V. F. Evaluation of the production in dairy cattle in different climatization systems. **Revista de Ciências Agrárias** , n.1, p.135-142, 2007.

PIRES, M.F.A.; FERREIRA, A.M.; SATURNINO, H.M.; TEODORO, R.L. Taxa de gestação em fêmeas da raça Holandesa confinadas em *free stall*, no verão e inverno. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.54, n.1, 2002.

PRIMAVESI, O. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global** [Recurso eletrônico] Odo Primavesi.— São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF. Clínica veterinária. **Um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos**. 9 ed, Guanabara Koogan, 2002.

RHOADS, M.L.; KIM, J.W.; COLLIER, R.J.; CROOKER, B.A.; BOISCLAIR, Y.R.; BAUMGARD, L.H; RHOADS, R.P. Effects of heat stress and nutrition on lactating Holstein cows: II. Aspects of hepatic growth hormone responsiveness. **J. Dairy Sci**, v. 93, p.170–179, 2010.

RIET-CORREA, F.; SCHILD, A.L.; LEMOS R.A.; BORGES, J.R. **Doenças de ruminantes e eqüídeos**. 3 ed., Santa Maria: Pallotti, v.2, p.692, 2007.

RIVERA., R.M.; HANSEN, P.J. Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. **Journal Reproduction and Fertility**, v. 121, p. 107-115, 2001.

RIVIER, C.; RIVEST, S. Review- Effects of stress on the activity of the hypothalamic – pituitary – gonadal axis: peripheral and central mechanisms. **Biology of reproduction**, n.45, p. 523-532, 1991.

ROCHA, D.R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente e úmido no Estado do Ceará**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

ROTH, Z. Heat stress, the follicle, and its enclosed oocyte: mechanisms and potential strategies to improve fertility in dairy cows. **Reprod Dom Animal** (Suppl.2), n.43, p.238-244, 2008.

RUTLEDGE, J. J. Use of embryo transfer and IVF to bypass effects of heat stress. **Theriogenology**, v. 55, p. 106-111, 2001.

SÁ FORTES, R.V.; ARTUNDUAGA. **Efeitos do estresse calórico na reprodução**. Revista técnica da bovinocultura de leite, n. 25, ano. 4, de Dezembro/Janeiro, 2009/2010.

- SALLES, M. G. F. **Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos caprinos Saanen criados em clima tropical**. 157 f. Tese (Doutorado em ciências veterinárias). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.
- SANTOS, S.A.; MCMANUS, C.; SOUZA, G.S.; SORIANO, B.M.A.; SILVA, R.A.M.S.; COMASTRI FILHO, J.A.; ABREU, U.G.P.; GARCIA, J.B. Variações da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças Pantaneira e Nelore no pantanal. **Arch. Zootec.** 54: 237-244. 2005.
- SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Sci. Agric.**, v. 51, n.1, 1994.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p. 1-18, 2000.
- SILVA, E. V. C.; KATAYAMA, K.A.; MACEDO, G. G.; RUEDA, P.M.; ABREU, U.G.P.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras Girolando. **Ci. Anim. Bras., Goiânia**, v. 11, n. 2, p. 280-291, 2010a.
- SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; ARCARO JR, I.; PIEDADE, S. M.S.; MOURA, D. J. Efeitos da Climatização do Curral de Espera na Produção de Leite de Vacas Holandesas. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.
- SILVA, J. A. R. **Avaliação do Estresse térmico em Búfalas Murrah criadas em dois diferentes sistemas de manejo nas condições climáticas da Amazônia Oriental**. 124 f. Tese (Doutorado integrado em zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010b.
- SILVA, R. G.; STARLING, J. M. C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.6, p.1956-1961, (Supl. 2), 2003.
- SILVA, T. G.F.; MOURA, M.S.B.; SÁ, I.I.S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S.H.N.; SOUZA, L.S.B. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.8, p.863–870, 2010.
- SILVA, T.G.F.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; SEDYAMA, A.G.C. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v 15, n.1, p.14-28, 2007.
- SOUZA, P.T. **Estresse térmico em cabras Saanen criadas no estado do Ceará durante os períodos seco e chuvoso**. 60 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- SOUZA, R.R.; BORGES, D.P.; PEREIRA, S.A.; MORAIS, H.; PEREIRA, A.P.; NASCIMENTO, M.R.B. **Características termorreguladoras de vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos em ambiente tropical no verão**. Maringá, PR, UEM, 2009.
- SOUZA, S. R. L.; NÃÃS, I.A.; KARASAWA, S.; ROMANINI, C.E.B. Análise de investimento em climatização para bovinos de leite em sistema de alojamento frre-stall. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.24, n.2, p.255-262, maio/ago. 2004.

- STARLING, J.M.C.; SILVA, R. G.; NEGRAO, J. A.; MAIA, A. S. C.; BUENO, A. R. Variação Estacional dos Hormônios Tireoidianos e do Cortisol em Ovinos em Ambiente Tropical. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.6, p.2064-2073, 2005.
- SWENSON, M.J.; REECE, W.O. DUKES. Fisiologia dos animais domésticos, 11 ed, Guanabara Koogan,1996.
- THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Effects of climate on bovine reproduction. **In: Current therapy in theriogenology**, n.2, p.301-309, 1986.
- THATCHER, W. W.; FLAMENBAUM, I.; BLOCK, J.; BILBY, T. R. Manejo de estresse térmico para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivo em vacas de leite. **XIV curso novos enfoques na produção e reprodução de bovinos**, Uberlândia - MG, 2010.
- THATCHER, W.W. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. **J. Dairy Sci**, v.57, p. 360-368, 1974.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington v. 12, n. 7, p.57-59, 1959.
- ULBERG, L.C.; BUFFERNING, P.J. Embryo death resulting from adverse environment or ova. **J. Anim. Sci**, v.26, n.3, p.571, 1967.
- URIBE-VELÁSQUEZ, L.; OBA, E.; BRASIL, L.H.A.; SOUZA, F.N.; WECHSLER. Efeitos do estresse térmico nas concentrações plasmáticas de progesterona (P<sub>4</sub>) e estradiol 17- b (E<sub>2</sub>) e Temperatura Retal em Cabras da Raça Pardo Alpina. **Rev. Bras. Zootec**, v.30, n.2, p.388-393, 2001.
- VASCONCELOS, J. L. M.; DEMÉTRIO, D. F. B.; SANTOS, R. M.; CHIARI, J. R.; RODRIGUES, C. A.; SÁ FILHO, O. G. Factors potentially affecting fertility of lactating dairy cows recipients. **Theriogenology**, v. 65, p. 192-200, 2006.
- WALDRON, M.R. Influências do ambiente e do manejo sobre a função imune em bovinos. **Anais do XV Curso novos enfoques na produção e reprodução de bovinos**, Uberlândia – MG, 2011.
- WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **J. Dairy Sci**. v. 86, p. 2131–2144, 2003.
- WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. **J. Dairy Sci**. v. 86, p. 232–242, 2003.
- WHEELOCK, J.B.; RHOADS, R.P.; VANBAALE, M.J.; SANDERS, S.R.; BAUMGARD, L.H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **J. Dairy Sci**, v. 93, p.644–655, 2010.
- WILSON, S.J.; MARION, R.S.; SPAIN, J.N.; SPIERS, D.E.; KEISLER, D.H.; LUCY, M.C. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. **J.Dairy Sci**, v. 81, p.2124-2131, 1998.

WOLFENSON, D.; LEW, B. J.; THACHER, W. W.; GRABER, Y.; MEIDAN, R. Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. **Animal Reproduction Science**, v. 47, p.9-19, 1997.

WOLFENSON, D.; SONEGO, H.; BLOCH, A.; SHAHAM- ALBALANCY.; KAIM, Y.; MEIDAN, R. Seasonal Differences in Progesterone Production by Luteinized Bovine Thecal and granulose Cells. **Domestic Animal Endocrinology**, p.81-90, 2002.

ZOCCAL, R.; MARTINS, P. C.; CARNEIRO, A. V, FILHO, R. J. C. R.; NOGUEIRA, J. N. A. **Competitividade da cadeia produtiva do leite no Ceará**: Produção primária, EMBRAPA gado de leite, p. 384, 2008.