

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

DAVID RAMOS DA ROCHA

**AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS
MISTIÇAS (*Bos taurus* x *Bos indicus*) CRIADAS EM CLIMA TROPICAL
QUENTE ÚMIDO NO ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA-CE

2008

DAVID RAMOS DA ROCHA

**AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS
MISTIÇAS (*Bos taurus* x *Bos indicus*) CRIADAS EM CLIMA TROPICAL
QUENTE ÚMIDO NO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação submetida 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

2008

R572a Rocha, David Ramos da
Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente úmido no Estado do Ceará / David Ramos da Rocha.2008.
67 f. ;il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo
Co-Orientador: Prof. Dr. Arlindo Alencar Araripe Noronha Moura
Área de concentração: Produção Animal
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Zootecnia, Fortaleza, 2008

1. Ambiente 2. Gado de leite 3. Calor 4. Trópico I. Araújo, Airton Alencar de (orient.) II.Moura, Arlindo Alencar Araripe Noronha (co-orient.) III.Universidade Federal do Ceará – Curso de Mestrado em Zootecnia IV.Título

CDD 636.08
CDD 910

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

David Ramos da Rocha

Dissertação aprovada em: 11/02/2008

BANCA EXAMINADORA

Airton Alencar de Araújo – Dr.

ORIENTADOR

Arlindo Alencar Araripe Noronha Moura – PhD.

CO-ORIENTADOR

Davide Rondina - Dr.

EXAMINADOR

À **Deus**, pela vida, coragem e condição da realização desse trabalho.

Aos meus pais **Humberto Costa da Rocha** e **Sarvia Maria Ramos da Rocha** a quem devo respeito e educação que tenho hoje, por acreditarem em mim, torcerem e por me darem todas as condições para obtenção desse título.

À minha irmã **Tânia C. Ramos da Rocha** pela paciência nestes anos convividos.

À minha tia **Zenilda** (*in memoriam*), pelo carinho, compreensão e por sempre acreditar em mim.

Aos meus bisavós **Serrano** (*in memoriam*), e **Luzia** (*in memoriam*), pelo afeto e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à DEUS pela vida e por me fortalecer nos momentos mais difíceis me dando força para vencer os obstáculos surgidos em minha vida.

À Universidade Federal do Ceará, pela possibilidade de realização da presente dissertação.

Ao professor, orientador e amigo Airton Alencar de Araújo, pela oportunidade, confiança, paciência, incentivo, entusiasmo na execução deste trabalho e pela sua sincera amizade.

Ao professor Arlindo Alencar Araripe N. Moura pela sua amizade, co-orientação, disposição, paciência, incentivo e pelos ensinamentos, estando sempre à disposição.

Ao professor Davide Rondina, pelas valiosas sugestões na execução deste trabalho.

Ao Lar Antônio de Pádua, em especial a Dra. Maria Gorete por dar condições para que este trabalho pudesse ser realizado, pela disposição e atenção nos fornecimento dos dados, pelo seu entusiasmo, confiança no trabalho realizado e por sua grande amizade.

À todos os funcionários do Lar Antônio de Pádua pelo incansável apoio durante a execução do experimento.

A Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), em especial o Dr. Hoilton (Diretor Técnico), e os meteorologistas David Ferran e Humberto, pela atenção e disposição no fornecimento dos dados climáticos.

A minha namorada Poliana pelo apoio e por seu grande incentivo na execução deste trabalho, pelo carinho, afeto, compreensão e amizade.

Aos amigos Isac Gabriel (Grade) e Oséias Pereira, pelos bons momentos vividos neste período, pelo apoio e sincera amizade.

Aos amigos Flávio Gonçalves, Luiza Rocha, Marcelo Casimiro e amigos do GPA pelo apoio e pelos momentos de descontração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Zootecnia.

À todos os colegas do curso de pós-graduação.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Francisca das Chagas.

À FUNCAP, pela bolsa concedida durante a realização do curso de mestrado.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 <i>Objetivo geral</i>	16
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 <i>Clima</i>	17
3.2 <i>Fatores Climáticos</i>	18
3.2.1 <i>Temperatura do Ar</i>	18
3.2.2 <i>Umidade Relativa do Ar</i>	19
3.3 <i>Índice de Temperatura e Umidade</i>	20
3.4 <i>Índice de Tolerância ao Calor</i>	22
3.5 <i>Estresse Térmico</i>	23
3.6 <i>Efeitos do Estresse Térmico na Produção de Leite</i>	24
3.7 <i>Efeitos do Estresse Térmico na Reprodução</i>	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1 <i>Local do Experimento</i>	37
4.2 <i>Animais Experimentais</i>	37
4.3 <i>Procedimento Experimental</i>	38
4.3.1 <i>Temperatura Retal</i>	38
4.3.2 <i>Dados Climáticos</i>	38
4.3.3 <i>Cálculo do ITU</i>	38
4.3.4 <i>Cálculo do ITC</i>	39
4.3.4.1 <i>Índice de Ibéria</i>	39
4.3.4.2 <i>Índice de Baccari Jr.</i>	39

4.3.4.3 Índice de Rauchenbach-Yerokhin.....	39
4.4 Análise Estatística.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1 Variáveis Ambientais.....	41
5.1.1 Temperatura do Ar.....	41
5.1.2 Umidade Relativa do Ar.....	44
5.2 Índice de Temperatura de Umidade.....	48
5.3 Temperatura Retal.....	52
5.4 Índice de Tolerância ao Calor.....	55
6. CONCLUSÕES.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
TABELA 1: Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) mensal resultado de medições diárias, a intervalos horários, durante o período de 7:00 às 16:00 horas, no ano de 2006, em Maranguape - Ce.	41
TABELA 2: Umidade relativa do ar (%) mensal resultado de medições diárias, a intervalos horários, durante o período de 7:00 às 16:00 horas, no ano de 2006, em Maranguape - Ce.	44
TABELA 3: Índice de temperatura e umidade (ITU) mensal resultado de medições diárias, a intervalos horários, durante o período de 7:00 às 16:00 horas, no ano de 2006, em Maranguape - Ce.	48
TABELA 4: Valores mensais médios, máximos, mínimos e de amplitude da temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) de vacas leiteiras mestiças medidas diariamente nos horários de 7:00 e 15 horas após as ordenhas no ano de 2006 em Pacatuba-Ce.	52
TABELA 5: Variações mensais médias dos índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras mestiças segundo Baccari Jr., Rauschenbach-Yerojhin e Ibéria durante o ano de 2006.	57
TABELA 6: Correlações dos índices de tolerância ao calor (ITC) com parâmetros ambientais (temperatura do ar e umidade relativa), índice de temperatura e umidade e temperatura retal durante o ano de 2006.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
FIGURA 1: Variações mensais médias, máximas e mínimas da temperatura do ar durante o ano de 2006 resultado de medições diárias nos horários de 7 às 16 horas em Maranguape - Ce.	43
FIGURA 2: Variações mensais médias, máximas e mínimas da umidade relativa do ar durante o ano de 2006 resultado de medições diárias nos horários de 7 às 16 horas em Maranguape - Ce.	46
FIGURA 3: Variação mensal média da pluviosidade ao longo do ano de 2006 em Maranguape – Ce.	46
FIGURA 4: Comportamento diário da temperatura do ar e da umidade relativa resultado de medições horárias no período de 7 às 16 horas no ano de 2006 em Maranguape - Ce.	47
FIGURA 5: Variações mensais médias, máximas e mínimas de ITU durante o ano de 2006 resultado de medições diárias nos horários de 7 às 16 horas em Maranguape - Ce.	51
FIGURA 6: Variações mensais médias, máximas e mínimas da temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) de vacas leiteiras mestiças medidas diariamente nos horários de 7 e 15 horas após as ordenhas no ano de 2006 em Pacatuba - Ce	53
FIGURA 7: Variações mensais médias dos índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras mestiças segundo Baccari Jr. (escala da direita), Rauschenbach-Yerokhin e Ibéria durante o ano de 2006.	56

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a existência de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças adultas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente úmido no município de Pacatuba-Ce, durante o ano de 2006. Para tal, avaliaram-se os fatores climáticos de temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (UR), os quais foram utilizados para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU). A intervalos mensais, utilizando-se grupos de 14 a 20 animais lactantes por cada mês, foram realizadas medições diárias (manhã e tarde) da temperatura retal (TR) para cálculo dos índices de tolerância ao calor (ITC), quais sejam: o Índice de Baccari Jr., Ibéria e Rauschenbach-Yerokhin. Correlações entre variáveis de ambiente, ITU, ITC e TR foram estimadas através do método de Pearson ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que durante o ano, e também no período do dia, os animais estiveram sujeitos a diversas condições de ambiente, porém, fora das suas respectivas zonas de conforto, principalmente quando se avaliou os valores máximos de temperatura, umidade relativa do ar e ITU. Observou-se também que as variáveis de ambiente apresentaram cursos diários e anuais inversos, com maiores valores no primeiro semestre e no período da manhã para a umidade relativa e maiores valores no segundo semestre e no período da tarde para temperatura do ar. As correlações destas variáveis ambientais com parâmetros de ITU e temperatura retal mostraram que o ITU foi mais bem correlacionado com a TA ($r = 0,84$) do que com a UR ($r = - 0,53$). Os valores de TR apresentaram melhor correlação com a TA ($r = 0,44$) do que com a UR ($r = - 0,50$) e ITU ($r = 0,31$). Verificou-se ainda a existência de uma fase de transição correspondendo à época de mudança climática entre os períodos chuvoso e seco, que esteve associada à elevação dos valores de TR e, conseqüentemente, redução dos valores de ITC. O índice de Ibéria mostrou-se melhor correlacionado ($r = - 0,99$; $p < 0,05$) com os valores de temperatura retal. Portanto, foi observado que, durante o ano, os animais estavam sujeitos a condições ambientais fora da zona de conforto, principalmente em função dos valores máximos de temperatura ambiente, umidade relativa e índice de temperatura e umidade. A avaliação do ITU e ITC poderá se constituir uma ferramenta eficiente para identificação da susceptibilidade dos rebanhos ao estresse térmico.

Palavras-chave: Estresse térmico, ambiente, índice de tolerância ao calor, índice de temperatura e umidade.

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate heat stress tolerance susceptibility in adult crossbred dairy cows (*Bos taurus* x *Bos indicus*), raised in tropical humid climate, at the county of Pacatuba, Ceara state. The study was carried out in 2006. We determined air temperature and air humidity to calculate the temperature humidity index (THI) and rectal temperature (RT) of all animals were taken monthly in the morning and afternoon to estimate the index of heat tolerance (IHT), according to the methods of Iberia, Baccari Jr. and Rauschenbach-Yerojhin. Number of animals varied from 14 to 20 per month. Correlations among all variables were determined following Pearson's method ($p < 0.05$). Results show that, during the year, animals were subjected to different climates although out of their comfort zone, especially when maximum values of temperature, humidity and THI were measured. Moreover, environment variables showed inverse daily and annual changes. Higher values of humidity were detected in the first semester and in the morning, while higher air temperatures were measured in the second semester and afternoon. THI was more associated with air temperature ($r = 0.84$) than with humidity ($r = -0.53$). Values of RT were better correlated with AT ($r = 0.44$) than with AH ($r = -0.50$) and THI ($r = 0.31$). Also, there was a transition phase corresponding to the change from rainy to dry seasons, which was associated with an increase in RT and, consequently, decrease in ITH. Among all ITH estimated in the present study, the Iberia index was found to show the highest correlations ($r = -0.99$; $p < 0.05$) with values of rectal temperature. In conclusion, animals were, along the year, subjected to an environment regarded as out of their comfort zone, especially because of maximum air temperature, air humidity and ITH. Evaluations of ITH and THI could be used as an efficient tool for identification of heat stress tolerance of dairy cows raised in tropical regions.

Key words: heat stress, environment, index of heat tolerance, temperature humidity index.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém uma produção anual de mais de 25 bilhões de litros de leite por ano e deste total produzido, a Região Nordeste representa apenas 12,5% da produção nacional tendo como maiores produtores os Estados da Bahia, Pernambuco e Ceará com 905, 630 e 380 milhões de litros de leite por ano, respectivamente (IBGE, 2006).

Com esta produção, a oferta de leite e derivados ainda não é suficiente para atender o mercado interno. A produtividade brasileira ainda é baixa com apenas 1.213 litros/vaca/ano (IBGE, 2006), havendo necessidade de se melhorar a eficiência com que o leite é produzido, reduzindo custos e aumentando a produtividade dos rebanhos. No entanto, este aumento é dependente da qualidade e dos custos da alimentação, melhoria dos índices reprodutivos dos animais e da seleção de animais com maior potencial de produção. Contudo, a incessante busca de melhores índices de produtividade tem levado muitos produtores a optar pela introdução de animais especializados oriundos de regiões de clima temperado que muitas vezes são pouco adaptados às condições tropicais. Nesse processo, a utilização destes grupos genéticos potencialmente mais produtivos pode desencadear alterações comportamentais, endócrinas e fisiológicas que irão afetar as funções normais dos animais (MORAIS *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2002), atuando direta e negativamente as suas expressões genéticas e conseqüentemente a produção de leite. Além disso, estes genótipos são mais exigentes com relação a práticas de manejo, nutrição e principalmente controle dos efeitos do estresse térmico.

A produção de leite pode sofrer influências que são inerentes ao próprio animal ou de fatores ambientais como temperatura ambiente, radiação e umidade relativa do ar (ARMSTRONG, 1994) que, associados ao calor metabólico de manutenção e dos processos produtivos, contribuem para o estresse térmico (WEST, 1999). Nas condições tropicais, estes fatores ambientais geralmente não são compatíveis com a amplitude ideal de conforto térmico para eficiência ótima de desempenho dos animais (PEREIRA, 2005).

A zona de termoneutralidade ou de conforto térmico (ZCT) corresponde aos limites de temperatura em que o animal encontra-se em conforto térmico com ótimo desempenho produtivo sem fazer uso de seus dispositivos termorreguladores para se ajustar às condições ambientais (PEREIRA, 2005). Ainda segundo este autor, o limite da ZCT é de 0^o a 16^oC para bovinos leiteiros (*Bos taurus*) e de 10^o a 27^oC para animais zebuínos (*Bos indicus*) com valores críticos de 35^o C e 0^o C.

Já NEIVA (1998) relata que para desempenho eficiente das atividades fisiológicas de uma vaca em lactação, a mesma deve se encontrar em um ambiente com temperatura em torno de 18^o C. Caso esteja fora deste limite térmico, o animal terá as funções produtivas prejudicadas em favor da sua sobrevivência.

Quando os animais encontram-se fora desta zona de conforto, estes estão sob os efeitos do estresse térmico que pode ser causado pelo frio ou calor. Nas situações de estresse térmico pelo calor, ocorre uma vaso-dilatação periférica, circulação mais rápida com aumento do fluxo sanguíneo para periferia do corpo, além de aumentos da taxa respiratória, frequência cardíaca e sudação. Alguns efeitos significativos ocorrem nesta situação como redução do consumo de alimentos, mudanças na taxa metabólica e aumentos no

consumo de água e da temperatura corporal (ARMSTRONG, 1994). A redução no consumo de alimentos está associada a ajustes endócrinos e fisiológicos para reduzir a produção de calor endógeno e pode estar associado à deficiência de nutrientes essenciais à produção animal. Segundo STOKES (1998) esta redução declina quando a temperatura ambiente excede 25⁰C, o que frequentemente reduz a produção de leite em até 30%.

A temperatura corpórea, resultado da diferença entre o calor produzido e o calor liberado pelo animal, pode ser tanto maior quanto menor for a perda de calor em relação ao ganho (BROSH *et al.*, 1998). Os animais experimentam este aumento na temperatura corporal por não terem a possibilidade de perder o calor que produzem para o ambiente (HANSEN, 2005) o qual, quando associado à elevada umidade relativa do ar, amplifica a ineficiência dos mecanismos evaporativos. Por esta razão é que vacas de alta produção, por gerarem maior calor endógeno oriundo da digestão e do metabolismo (STOKES, 1998) de nutrientes para fins produtivos (lactação), apresentam maior temperatura corporal tão logo aumenta a produção de leite (HANSEN, 2005).

Portanto, estudos mais detalhados sobre os efeitos deletérios do estresse climático, em condições tropicais são necessários para fazer inferências com relação às práticas adequadas de manejo nutricional e ambiental, uma vez que muitos estudos ainda são realizados em condições edafo-climáticas diferentes das encontradas em regiões tropicais.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

- Avaliar a existência de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente úmido, utilizando o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e os Índices de Tolerância ao Calor (ITC) de Baccari Jr., Rauschenbach-Yerokhin e Ibéria.

Objetivos específicos

- Avaliar a variação da temperatura e umidade relativa do ar nos diferentes meses do ano;

- Correlacionar os fatores climáticos de temperatura e umidade relativa do ar com o ITU e temperatura retal dos animais ao longo do ano;

- Calcular diferentes índices de tolerância ao calor e correlacioná-los com a temperatura retal dos animais ao longo do ano;

- Verificar qual ITC é mais indicado para avaliação de estresse térmico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Clima

O extenso território brasileiro, a diversidade de formas de relevo, a altitude e dinâmica das correntes e massas de ar, possibilitam uma grande diversidade de climas resultando em diferenças entre regiões e mesmo dentro de regiões. Interceptado ao norte pela Linha do Equador e ao sul pelo Trópico de Capricórnio, o Brasil está situado, na maior parte do território, nas zonas de baixas latitudes chamadas de zona intertropical nas quais prevalecem os climas quentes e úmidos com temperatura média de 20 °C (PEREIRA, 2005). Ainda segundo este autor, próximo a linha do equador, as temperaturas são mais altas sem grandes variações ao longo do ano diferentemente do que ocorre nas regiões mais ao sul onde as variações são maiores.

O clima de uma dada região representa o acúmulo de eventos diários e sazonais do tempo. Entretanto, o conceito de clima é muito mais do que isso, pois ainda inclui valores extremos do tempo, as ondas de calor no verão e períodos de frio no inverno (AHRENS, 2005).

O Estado do Ceará, segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia apresenta uma diversidade de climas como o quente e úmido, semi-árido úmido nas regiões litorâneas bem como o semi-árido que também é um clima típico das regiões mais secas do nordeste, onde a temperatura média anual é de 27°C e pluviosidade média inferior a 800 mm/ano. (PEREIRA, 2005).

É sabido que o clima exerce efeito sobre o comportamento e bem estar animal e, conseqüentemente, sobre a produtividade atuando como um

fator regulador da exploração animal com finalidade zootécnica. Os valores de temperatura do ar e umidade relativa na região intertropical, geralmente estão abaixo do ponto ideal de criação dos animais domésticos (MÜLLER, 1982). Portanto, o conhecimento dos fatores ambientais que modificam o desempenho desses animais, bem como a escolha de genótipos adaptados às condições climáticas que lhes são impostas, é um ponto que deve ser considerado em um sistema de exploração pecuária.

3.2. Fatores Climáticos

3.2.1. Temperatura do Ar

A temperatura do ar é um elemento climático de grande importância e que tem efeito direto sobre os animais, promovendo alterações endócrinas, fisiológicas e comportamentais tão logo aconteça variações extremas nos seus valores.

Na produção animal, o conhecimento dessas variações ao longo do dia é importante, pois durante o dia existem momentos mais ou menos favoráveis aos animais. Todo esse processo é mediado pelo balanço de radiação que é definido como sendo a contabilização entre o recebimento e a devolução de radiação que é bastante variável no decorso do dia e do ano promovendo alterações diárias e anuais na temperatura do ar (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992).

O aumento da temperatura ambiente ocorre quando o balanço de radiação é positivo, onde o ar em contato com o solo começa a ser aquecido por condução. Já em balanço negativo de radiação, estabelece-se um fluxo de

calor também por condução do ar para a superfície passando a resfriar o ar (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992).

Os seres vivos de um modo geral necessitam de condições climáticas ótimas para seu crescimento e desenvolvimento e para que todos esses processos ocorram dentro da normalidade, é necessário que estes estejam dentro de sua zona de conforto térmico para que não haja comprometimento no seu desenvolvimento. Entretanto, nas regiões tropicais as temperaturas são elevadas e incompatíveis com esta zona de conforto. Tal fato tem ocasionado problemas à atividade pecuária principalmente quando associadas a elevada umidade relativa do ar.

Informações sobre o comportamento diário e anual desta variável climática permitem avaliar melhor seu efeito sobre a produção animal no tocante aos processos de termólise e termogênese, visando a homeotermia.

3.2.2. Umidade Relativa do Ar

Embora a temperatura do ar seja frequentemente considerada como uma variável climática isolada de maior importância sobre a produção animal, seus efeitos estão intimamente ligados e dependentes do nível de umidade atmosférica (SILVA, 2000).

A umidade 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.

A quantidade de vapor d'água introduzida na atmosfera aumenta com o aumento do saldo positivo de radiação, podendo ocorrer evaporação mesmo em condições de balanço negativo de radiação. Quanto maior for a

temperatura, maior é a capacidade do ar em reter vapor d'água, devido ao fato de que a umidade relativa do ar apresenta um curso diário inverso ao da temperatura do ar. (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992).

A importância da umidade atmosférica é tanto maior quanto mais o organismo depende de processos evaporativos para a termorregulação. Se o ambiente for muito quente, tanto o excesso como a carência é prejudicial. Umidade relativa muito baixa faz com que os mecanismos evaporativos ocorram mais rapidamente, causando irritação cutânea e desidratação. Já em condições elevadas, prejudica a termólise aumentando o estresse pelo calor (SILVA, 2000; PEREIRA, 2005).

3.3. Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

O conforto térmico dos animais depende dos níveis de umidade atmosférica em associação com a temperatura do ar (SILVA, 2000). Diversos autores desenvolveram vários índices que permitem estimar e avaliar a intensidade de conforto ambiental para bovinos. Os mais conhecidos são o índice de globo e umidade (BGHI) = $t_g + 0,36 t_{po} + 41,5$ proposto por BUFFINGTON *et al.*, (1981), onde t_g = temperatura $^{\circ}\text{C}$ de um globo de Vernon; e t_{po} = temperatura do ponto de orvalho $^{\circ}\text{C}$; e o índice de globo úmido (WBGT) = $0,7 t_w + 0,2 t_g + 0,1 t_a$ (YAGLOU & MINARD, 1957), proposto inicialmente para seres humanos, onde t_w = temperatura de bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$) medida em um psicrômetro exposto à radiação solar direta, mas não ventilado artificialmente e t_a = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$). Contudo, estes nem sempre são fáceis de serem utilizados em nível de produtor. Dentre eles, o índice de temperatura e umidade (ITU) é um dos métodos mais fáceis de avaliação.

Este pode ser obtido por meio da temperatura do ar e da umidade relativa (HANSEN, 2005) calculado pela seguinte fórmula: $ITU = 0,8 T_{bs} + UR$ ($T_{bs} - 14,3$)/100 + 46,3, onde T_{bs} = temperatura do bulbo seco °C e UR = umidade relativa; (BUFFINGTON *et al.*, 1982) citado por (CAMPOS, *et al.*, 2003). As interpretações destes índices variam entre os autores, contudo, JOHNSON (1987) citado por PIMENTEL (2002) considera os limites de ITU como estresse ameno (72-79); estresse moderado (80-89) e estresse severo (90-98). HAHN, 1985 citado por (SILVA, 2000) relata que valores de ITU menores que 70 indicam condição normal, não estressante; valores entre 71 e 78 é crítico; entre 79 e 83 indica perigo e acima de 83 já constitui uma situação de emergência.

Diversas instituições disponibilizam serviço on-line de consulta das condições climáticas como a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e a Universidade de Kentucky nos Estados Unidos, a qual disponibiliza um formulário para cálculo do ITU mostrando as diferentes condições do ambiente (sem estresse, perigo e emergência) para consulta de técnicos e produtores rurais.

A correlação dos parâmetros ambientais com parâmetros fisiológicos contribui para uma melhor avaliação do estresse térmico em propriedades de exploração leiteira uma vez que, o conhecimento das interações ambientais com o desempenho animal é essencial para o ajuste das práticas de manejo alimentar e reprodutivo e, conseqüentemente, a melhoria do sistema de produção de leite.

3.4. Índice de Tolerância ao Calor (ITC)

É um índice baseado em medições feitas nos animais. Diferentemente de outros índices que avaliam apenas variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade relativa, o ITC avalia o grau de tolerância de um animal considerando somente um parâmetro fisiológico ou por combinações feitas com parâmetros ambientais.

Existem diversos índices que avaliam o nível de tolerância ao calor dos animais, variando segundo autor e espécie animal. Dentre os mais conhecidos e utilizados, estão o Índice de BACCARI JR. (1986) citado por TITTO *et al.*, (1998) que consiste de uma primeira mensuração da temperatura retal, onde os animais em repouso são colocados na sombra, durante um período de duas horas, em seguida são expostos à radiação solar direta, durante uma hora e em seguida retornam à sombra, onde permanecem por igual período de tempo quando a segunda mensuração da temperatura retal deve ser feita. As diferenças entre as temperaturas retais resultam em um índice de 0 à 10, que quanto mais próxima de 10 indica maior capacidade de perder o calor adquirido do sol.

O índice de béria proposto por RHOAD (1940) citado por SILVA (2000) utiliza somente valores de temperatura retal, medidas duas vezes, a primeira às 10 horas e a segunda às 15 horas, sendo repetido três vezes em dias não necessariamente consecutivos, tomando-se sua média. Os valores variam de 0 a 100, e mostram que quanto mais próximo de 100 indica maior resistência às condições tropicais.

Outro índice semelhante ao de Ibéria, proposto por RAUSCHENBACH-YEROKHIN (1975), também citado por SILVA (2000),

combina valores de temperatura do ar e temperaturas retais medidas pela manhã (9 horas) e a tarde (15 horas) na sua avaliação onde os animais permanecem sob radiação solar direta neste período.

A utilização de testes bioclimáticos aplicáveis em nível de campo é uma alternativa importante e necessária na escolha de animais adaptados às condições tropicais.

3.5. Estresse Térmico

O estresse térmico é definido como sendo o resultado da inabilidade do animal em dissipar calor suficientemente para manter a sua homeotermia (WEST, 1999). Todo este processo está mediado em função da zona de conforto térmico ou de termoneutralidade. Esta zona define os limites de temperatura crítica superior e inferior. Acima da temperatura crítica superior, os animais entram em estresse pelo calor em função da temperatura elevada e abaixo da temperatura crítica inferior sofrem estresse pelo frio (PEREIRA, 2005). Quando os animais são expostos a temperaturas ambientes elevadas, estão sujeitos à hipertermia, onde os processos termorreguladores de perda de calor são requeridos para manter a sua homeotermia. A manutenção da temperatura corporal é conseguida e mantida pelo equilíbrio entre termólise e termogênese. Dentre os parâmetros fisiológicos que podem ser utilizados na avaliação do estresse térmico, a temperatura retal é provavelmente mais indicativa do estresse térmico (HANSEN, 2005), uma vez que um acréscimo nesta variável fisiológica é reflexo de falhas ou esgotamento dos mecanismos evaporativos ou não-evaporativos de perda de calor que variam conforme os

valores de temperatura do ar e umidade relativa, além de ser facilmente avaliada em relação aos batimentos cardíacos e movimentos respiratórios.

BIANCA (1961) classifica o estresse térmico de acordo com as respostas dos mecanismos termorregulatórios, principalmente temperatura corporal, como estresse brando quando estes mecanismos são eficientes em manter a temperatura corpórea dentro da normalidade; estresse moderado quando estes processos de termorregulação são intensificados, na qual a temperatura corporal pode estabilizar, porém em nível mais elevado; estresse severo no qual as reservas funcionais dos mecanismos termorregulatórios vão se exaurindo, e a temperatura corporal aumenta continuamente; e estresse excessivo onde a termorregulação torna-se insuficiente, ocasionando uma hipertermia acentuada podendo levar o animal à morte em curto espaço de tempo. Portanto, o estresse térmico afeta todo o sistema endócrino, desencadeando uma série de eventos fisiológicos e comportamentais que visam manter a homeostase em detrimento aos processos produtivos e reprodutivos.

3.6. Efeitos do Estresse Térmico na Produção de Leite

O estresse térmico atua, induzindo em várias respostas fisiológicas nas vacas na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites normais. LINN (1997) relatou alterações na taxa respiratória, na motilidade retículo-rúmen, no fluxo sanguíneo para periferia e nos volumes de urina geralmente aumentados. Outras alterações podem ser citadas como: redução do consumo de alimentos, vasodilatação com fluxo sanguíneo para superfície

da pele, aumentos da taxa respiratória e transpiratória, além de provocar alterações comportamentais e endócrinas.

O efeito combinado de elevadas temperatura ambiente e umidade relativa, reduz a produção de leite de vacas em lactação (WEST, 1999b) por decréscimos na ingestão de matéria seca. Estudos realizados mostraram que a produção de leite declina para vacas expostas a temperaturas de 24 ou 34 °C com baixas (38 a 46%) e altas (76 a 80%) de umidade relativa do ar e que este efeito foi maior em vacas Holandesas, intermediárias para Jersey e menor em Pardo Suíço (JOHNSON & VANJONACK, 1976) citados por PEREIRA (2005) e WEST (1999).

Diversos estudos confirmam que a associação entre elevadas temperaturas do ar associadas com altas umidades relativas podem ter efeito deletério sobre os animais, diminuindo em torno de 10 a 35% a produção de leite (JOHNSON, 1987) citado por CONSTANZO *et al.*, (1997) podendo ser explicada pela redução do consumo de alimentos quando os animais encontram-se fora da sua zona de termoneutralidade.

Pesquisadores trabalhando com vacas holandesas submetidas a várias temperaturas ambientes e umidades relativas do ar (UR), observaram que as condições climáticas de 26,6°C e 80 % de UR ou 32,2°C e 20% de UR, tiveram pouco efeito sobre a digestibilidade e consumo de alimento, quando comparado com o tratamento controle 18,3°C e 50% de UR. Entretanto, em condições climáticas de 32,2°C e 40% de UR e 32,2°C e 50% de UR, o consumo de matéria seca (CMS) decresceu, respectivamente em 2,30 e 3,04 Kg/dia e a digestibilidade do alimento aumentou respectivamente em 4,35 e 6,25% (DAVIS & MERILAN, 1964) citado por NEIVA (1998).

Os efeitos da condição climática no consumo e produção de leite são provavelmente mediados por mudanças diretas na temperatura corporal (WEST, 1999). HANSEN (2005) relata que o melhor caminho para se determinar como as vacas são afetadas pelo estresse térmico é por meio da mensuração da temperatura retal. A temperatura corporal normal da vaca é de aproximadamente 38,5⁰C e tem sido mostrado que acréscimos de 0,5⁰C na temperatura corporal provocam declínio na taxa de concepção de 12,8%, tendo efeito substancial na lactação subsequente. Um acréscimo da temperatura corpórea é geralmente acompanhado de elevadas temperaturas do ambiente e pode ser o primeiro estímulo para redução do consumo de alimento e, conseqüentemente, diminuição da produção de leite (CONSTANZO *et al.*, 1997).

NEIVA (1998) relata que quando os animais são submetidos a ambientes desfavoráveis, estes podem sofrer alterações no consumo, com a conseqüente queda na produção de leite, provavelmente devido ao fato de que as suas necessidades nutricionais não serão atendidas.

A redução no consumo de alimentos é tanto maior quanto mais intenso é o estresse e é atribuída à inibição, pelo calor do centro do apetite localizado no hipotálamo. Segundo PEREIRA (2005) haveria um redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos para os tecidos periféricos, levando a uma redução no aporte sanguíneo da veia mamária (14%) e glândula mamária (12%) com reflexos na produção e composição do leite. Outro aspecto está relacionado com a saúde da glândula mamária que nas situações de estresse agudo, ocorre aumento da liberação de catecolaminas, principalmente adrenalina que atuam reduzindo a ação dos leucócitos, facilitando assim a invasão de bactérias causadoras de mastite.

Todas essas mudanças fisiológicas visam aumentar a performance do organismo diante de um fator estressante.

KELLEY *et al.*, (1967) citado por NEIVA (1998) mostraram que com o aumento da temperatura ambiental, a temperatura retal também é aumentada com variações significativas na produção de ácidos graxos voláteis (acetato, propionato e butirato), ocorrendo um decréscimo significativo na proporção destes quando a temperatura ambiental encontra-se em torno de 37,7⁰C. Isto mostra uma ação real do efeito do ambiente na produção e composição do leite, uma vez que o propionato e acetato são responsáveis pelo volume e porcentagem de gordura no leite, respectivamente.

Este estudo pode ser confirmado por STANLEY & OLBRICH (1975) citado por NEIVA (1998) onde mostraram que o aumento da temperatura ambiental de 18,3⁰ C associada com 50% de umidade relativa para 29,4⁰ C com 85% de umidade ocasionou um decréscimo na produção de leite de 13,1 para 8,2 Kg e de 3,8 de gordura para 3,7%, respectivamente.

Observa-se a necessidade de adotar estratégias de manejo ambiental a fim de proporcionar condições adequadas de conforto térmico para as vacas em lactação. O uso de estratégias de manejo para manutenção do consumo durante tempos quentes tem sido avaliado, inclusive usando uma ração de mistura total adicionada de umidade, aumentando a frequência de alimentação e alimentando os animais durante períodos mais frios do dia, no final da tarde ou uma hora antes do nascer do sol (LINN, 1997) o que pode ajudar o consumo alimentar (STOKES, 1998).

3.7. Efeitos do Estresse Térmico na Reprodução

Em busca de melhores índices de produtividade, tem-se observado uma maior exigência de produção dos rebanhos, o que tem elevado os custos de produção devido a uma série de transtornos reprodutivos nos animais, que muitas vezes são resultados de práticas de manejo inadequadas e que resultam em algum tipo de estresse.

SELYE (1939) citado por RIVIER & RIVEST (1991) relata que o estresse é acompanhado por um acréscimo na atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HPA) e um decréscimo na função reprodutiva e tem sugerido que haja uma possível relação entre os hormônios do HPA e os do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HPG). De fato, o hormônio liberador de corticotropina (CRH) e os corticosteróides da adrenal iniciam um importante papel na modulação do efeito do estresse na função reprodutiva (RIVIER & RIVEST, 1991). Os hormônios relacionados ao estresse podem influenciar a função sexual em três níveis do eixo HPG: no hipotálamo, por meio do CRH onde este inibe a secreção de GnRH, na hipófise, diminuindo a liberação de LH e FSH que são estimulados pelo GnRH e, nas gônadas alterando o efeito estimulatório das gonadotropinas (RIVIER & RIVEST, 1991; PEREIRA, 2005).

Com a diminuição da liberação das gonadotropinas (LH e FSH), a produção de estrógenos também será afetada o que irá acarretar em diversos transtornos reprodutivos tais como: falhas na detecção do estro ocasionado pela presença de estro silencioso, ou seja, ausência dos sinais comportamentais que auxiliam na sua identificação, falhas no desenvolvimento e qualidade do oócito, na fertilização e implantação (De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003) do embrião devido a não preparação do útero e

formação de um corpo lúteo de má qualidade. Além disso, pode ainda levar a fêmea a uma condição de anestro ou ninfomania (GRUNERT, *et al.*, 2005).

Em climas subtropicais, a elevada temperatura ambiente é um importante determinante na performance reprodutiva (HANSEN, 1994 citado por THOMPSON, *et al.*, 1996) haja vista que o material genético utilizado é originário de clima temperado, onde a zona de conforto térmico e as condições edafo-climáticas são diferentes.

Estes fatores ambientais associados às práticas de manejo inadequadas, têm levado os animais a uma condição de estresse térmico que é revelado pela inabilidade do animal em lutar contra este ambiente e varia conforme o tipo de exploração e a composição racial do rebanho (OLIVEIRA JÚNIOR, *et al.*, 2005). É um fenômeno que muitas vezes é refletido na falha do animal em executar o seu potencial genético para taxa de crescimento, produção de leite, resistência à doença ou fertilidade sendo responsável por muitos fatores, inclusive subfertilidade (DOBSON & SMITH, 2000; BARTOLOMEU *et al.*, 2005).

O estresse térmico é o maior fator de decréscimo da performance reprodutiva em vacas leiteiras de alta produção e a eficiência animal está diretamente relacionada ao seu mérito genético, sendo extremamente sensível aos fatores ambientais aos quais está exposta (GRECELLÉ *et al.*, 2006).

O acréscimo na temperatura corporal causada por estresse térmico tem efeito direto e com conseqüências adversas na função celular. Isto está possivelmente relacionado pelo fato de afetar a capacidade esteroidogênica dos folículos e da dinâmica folicular ovariana, alterando a expressão do RNAm de receptores de colesterol em células ovarianas, bem como, as concentrações

de colesterol e ácidos graxos no fluido folicular ovariano de folículos de vários tamanhos (ARGOV *et al.*, 2005).

Quando o animal encontra-se fora da sua zona de conforto térmico, ocorre uma redistribuição do fluxo sanguíneo das partes mais internas para a periferia do corpo aumentando a dissipação de calor para o ambiente o que leva a uma alteração na atividade metabólica do oócito estressado pelo calor, resultando em morte antes da fertilização (BÉNYEI *et al.*, 2001), bem como, uma redução sanguínea do sistema vascular placentário levando a um retardo no crescimento fetal (ALEXANDER *et al.*, 1987 & COLLIER *et al.*, 1982) citados por (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999).

Durante o período de crescimento folicular, o estresse calórico pode comprometer o oócito, devido a ações diretas na elevação da sua temperatura ou, devido a alterações na função folicular que comprometem a sua qualidade. Altera também a dinâmica folicular afetando folículos no início do estágio antral do desenvolvimento, causando prejuízo no folículo subsequente (GUZELOGLU *et al.*, 2001), na função e redução da dominância do folículo selecionado (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999), que pode ser visto por uma redução da capacidade esteroidogênica das células da teca e da granulosa e conseqüentemente, uma queda da concentração sanguínea de estradiol (De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003), além do comprometimento dos mecanismos luteolíticos (WILSON *et al.*, 1998b) que são dependentes do estrógeno.

GUZELOGLU *et al.*, (2001) verificaram que as concentrações de estradiol no fluido folicular diminuíram de 1662 ng/ml para 1493 ng/ml em condições de estresse térmico. O mesmo não foi observado com as concentrações de progesterona que aumentaram de 44,7 ng/ml na situação

controle (sem estresse térmico) para 54,1ng/ml na condição de estresse calórico.

Os níveis de progesterona no plasma podem ser aumentados ou diminuídos dependendo se o estresse térmico é agudo ou crônico, e do estado metabólico do animal. Estas mudanças endócrinas reduzem a atividade folicular e alteram o mecanismo ovulatório, levando ao decréscimo na qualidade do oócito e do embrião além de ser responsável pela manutenção da gestação (HANSEN, 2005). O ambiente uterino também é modificado, reduzindo a probabilidade da implantação do embrião (De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003).

Essas alterações hormonais causam problemas reprodutivos como puberdade tardia, ciclo estral irregular, cistos ovarianos, baixa taxa de ovulação, anestro e mortalidade embrionária devido ao comprometimento da competência do oócito e inibição do desenvolvimento embrionário (HANSEN, *et al.*, 2001).

Isto pode ser confirmado pelo estudo realizado por CORASSIN, (2004) onde animais de primeira lactação apresentaram maior chance de sucesso ao primeiro serviço do que animais múltiparos, e que vacas cobertas no período de inverno apresentaram aproximadamente cinco vezes mais chances de concepção ao primeiro serviço pós-parto do que vacas cobertas no verão. O fato dos animais de primeira lactação apresentarem maior chance de sucesso está diretamente relacionado com menor produção de calor endógeno oriundo do processo fisiológico de produção de leite.

O estabelecimento e manutenção da gestação são difíceis em vacas leiteiras expostas aos efeitos deletérios do ambiente, devido à redução nas

taxas de detecção de estro e a proporção de vacas inseminadas que mantêm a prenhez (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999).

A baixa fertilidade em gado de leite, especificamente em vacas de alta produção está associada intimamente com estresse térmico durante estações quentes (GUZELOGLU *et al.*, 2001). Isto pode ser explicado pelo fato de que a produção de calor metabólico de vacas em lactação leva a uma hipertermia em condição de clima quente. Já em novilhas, como a produção de calor interna é baixa, estas podem ou não vir a tornarem-se hipertérmicas em condições de climas quentes (WILSON *et al.*, 1998a).

Em vacas leiteiras inseminadas durante os meses mais quentes do ano, ocorre uma diminuição na fertilidade (De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003). Diferentes fatores contribuem para esta situação: a consequência da elevação de temperatura e umidade relativa do ar resulta no decréscimo da expressão do estro com redução da duração e intensidade deste, o que dificulta a sua detecção (HANSEN, 2005).

No período quente ocorre uma redução no apetite e no consumo de matéria seca (De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003) e desta maneira prolonga o período pós-parto de balanço energético negativo, resultando em uma expressão insatisfatória dos sinais de estro e causando infertilidade (HANSEN, 2005), aumentando assim o intervalo parto-concepção, particularmente de vacas de alta produção de leite.

De RENSIS & SCARAMUZZI (2003) encontraram uma variação 20 e 30% na taxa de concepção quando compararam as estações quente e fria. A depressão na fertilidade pode ser grande, taxas de concepção de 10% ou menos são comuns durante os meses quentes (HANSEN, 2005).

Múltiplas causas são responsáveis por fertilidades insatisfatórias durante o estresse térmico. Uma dessas causas é a desorganização da função do folículo que é responsável pelo desenvolvimento do oócito, tornando-o com capacidade reduzida para tornar-se fertilizado (HANSEN, 2005). Contudo, produtores de leite podem também reduzir a infertilidade no verão por meio de inseminação artificial e sincronização do estro de vacas com baixa produção de leite e também por incorporação de práticas nutricionais e programas de medicina preventiva para aumentar a fertilidade no início do período pós-parto (THOMPSON *et al.*, 1996). A porcentagem de vacas detectadas em estro após este ter sido sincronizado foi de 26% baseado somente na detecção visual (HANSEN, 2005).

O desenvolvimento de protocolos para inseminação artificial em tempo fixo tornou possível evitar a necessidade de detecção de estro e inseminar vacas em tempo fixo. O uso destes protocolos em vacas sob estresse térmico tem mostrado aumentar a taxa de prenhez após o parto (HANSEN, 2005).

O estudo de um rebanho na Flórida com um período de espera voluntária de 70 dias, a porcentagem de vacas que foram fecundadas perto de 90 dias pós-parto foi de 16,6% para vacas nas quais foram de primeira inseminação em tempo fixo e de 9,8% para vacas onde foi feito somente observação visual de estro (ARÉCHIGA *et al.*, 1998 citado por HANSEN, 2005).

Outro estudo realizado no Kansas, onde vacas no verão foram inseminadas entre 50 e 70 dias de lactação usando um protocolo de parição comparando com outro grupo onde o estro foi sincronizado não foi observada diferença estatística na taxa de concepção entre os grupos (33,3% 32% para

protocolo e estro sincronizado, respectivamente) CARTMILL *et al.*, (2001) citado por HANSEN, (2005). Estes resultados mostram que a inseminação em tempo fixo, pode aumentar o número de vacas inseminadas, contudo, não reduz os efeitos do estresse térmico na fertilidade.

AL-KATANANI *et al.*, (1999) verificaram que vacas com produções de leite elevadas nos meses mais quentes obtiveram menores taxas de retorno aos 90 dias para primeiro serviço que caíram de 44,9% até 5,3% para vacas com produções ainda mais elevadas. Mostraram também que um acréscimo na produção de leite está associado com a depressão na taxa de retorno aos 90 dias no pós-parto.

LÓPEZ-GATIUS (2003) encontrou um menor percentual de vacas cíclicas (73,6%) no período quente do ano quando comparados com 93,5% no período frio. Os percentuais de ovários inativos e císticos foram respectivamente 1,2% e 2,4% para o período frio e de 12,9% e 12,3% para o período quente.

Isso mostra que o período frio parece preservar toda a dinâmica reprodutiva e a conseqüente gestação. Provavelmente, é um reflexo do bem estar da vaca. Entretanto, se o estresse térmico durante o período de implantação é um fator de risco para perdas de prenhez, a maneira com que atua a estação é um fator negativo que compromete o sucesso da gestação necessário para sua estabilização. (GARCÍA-ISPIERTO *et al.*, 2006)

OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, (2005) trabalhando com rebanho de corte mestiço-zebu no extremo sul do Estado da Bahia, encontraram taxas de prenhez variando de 82,7 a 93% sob ITU de 73,2 a 82,7.

Em outro estudo mais recente, GARCÍA-ISPIERTO *et al.*, (2006), trabalhando com rebanho de vacas holandesas, correlacionaram às perdas

gestacionais com o índice de temperatura e umidade (ITU), e verificaram que com o aumento do ITU a partir de 65 já ocorre aumento também significativo de perdas de prenhez de 8% passando para 12% quando este índice ultrapassa o valor de 69. Verificaram também, um maior percentual de prenhez (55,5%) no período frio se comparado com o período quente (44,5%), conseqüentemente as perdas gestacionais no período frio foram menores (2,1%) quando comparados com o período mais quente (12,3%). Estes resultados mostram claramente a superioridade dos animais zebuínos com relação à questão adaptativa às condições tropicais se comparado com animais taurinos.

A perda embrionária associada com estresse calórico materno é uma das maiores causas para o decréscimo na fertilidade (AMBROSE, *et al.*, 1999). A disfunção do desenvolvimento embrionário inicial resulta de suas próprias ações ou no ambiente do oviduto ou do útero no qual o embrião reside (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999).

A elevada temperatura que um embrião está exposto leva-o a tornar-se hipertérmico podendo levá-lo à morte (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999). O efeito deletério no desenvolvimento embrionário depende do dia relativo à ovulação que as vacas são submetidas ao estresse térmico.

Deste modo, estresse térmico no dia após a concepção pode impedir o desenvolvimento de embriões neste período até 7 dias após concepção levando a uma menor taxa de sobrevivência embrionária (HANSEN, 2005). Isto pode ser confirmado por RYAN *et al.*, (1993) que encontraram decréscimos na viabilidade embrionária de 59% no dia 7 após inseminação para 27% no dia 14 pós-inseminação em clima quente. Além disso, reduz a produção de embrião devido a aspectos fisiológicos e celulares de função

reprodutiva que são interrompidos por cada aumento na temperatura corporal causado por estresse térmico (HANSEN, *et al.*, 2001)

JOUSAN *et al.*, (2005) observaram perdas fetais precoces em vacas lactantes superiores (6,3%) quando comparadas com novilhas (3,6%). Já no terço médio e final da gestação estas perdas foram de 3,7% e 1,1% para vacas e novilhas, respectivamente, o que pode ser explicado pelo fato do embrião adquirir termo-resistência durante o seu desenvolvimento, sendo a fase inicial mais sensível há aumentos de temperatura no ambiente uterino. Neste mesmo estudo foram observadas perdas embrionárias significativas durante a estação do ano de 5,2% e 8,9% para frio e quente, respectivamente.

Embora a resistência embrionária ao estresse térmico aumente com o avanço a gestação, severos estresses, podem inibir o desenvolvimento embrionário posterior a prenhez (HANSEN *et al.*, 2001).

Portanto, além causar infertilidade nos animais, o estresse térmico representa a maior fonte de perdas econômicas em um sistema de produção de leite. Dentre os caminhos para obter melhoras nos índices reprodutivos, usualmente são realizadas modificações no ambiente e na genética do animal por meio do uso de raças mais tolerantes ao calor.

Reduzir o impacto e a magnitude do estresse térmico na reprodução é uma maneira de reverter um pouco este histórico de declínio de fertilidade de vacas leiteiras (HANSEN, 2005), reduzindo os problemas de detecção de estro e mortalidade embrionária, melhorando a taxa de prenhez, (HANSEN *et al.*, 2001; HANSEN & ARÉCHIGA, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do Experimento

O experimento foi conduzido durante o ano de 2006, no Lar Antônio de Pádua (LAP), propriedade localizada no município de Pacatuba, região litorânea do Ceará, localizado à latitude de 3°53' 53,2" Sul e longitude de 38°34' 34,2" Oeste. O clima da região é caracterizado como quente e úmido.

4.2. Animais Experimentais

Este estudo foi realizado utilizando de 14 a 20 fêmeas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) por mês, possuindo composição genética diversificada não definida. Os animais apresentavam idade média de cinco anos, pelagem malhada de preto com branco com predominância da cor negra e pele despigmentada. Foram utilizadas vacas em lactação com diferentes ordens de parto e fase de lactação. Os animais foram mantidos em sistema semi-intensivo de criação, permanecendo estabulados com acesso livre a sombra em instalações de alvenaria cobertas por telhas de barro. A dieta dos animais era composta de uma porção volumosa (capim elefante, cana-de-açúcar e maniva) que variava conforme a disponibilidade de alimentos na propriedade e uma porção concentrada à base de milho e farelo de soja com 18% de proteína bruta, adicionada de sais e calcário. As vacas também tiveram livre acesso à água, mistura mineral.

4.3. Procedimento Experimental

4.3.1. Temperatura Retal

As temperaturas retais foram aferidas duas vezes por dia no período da manhã (7:00 h) e da tarde (15:00 h), durante os meses de fevereiro a julho e setembro a dezembro de 2006, utilizando termômetro clínico veterinário.

4.3.2. Dados climáticos

Os dados climáticos do ano de 2006 referentes aos parâmetros de temperatura do ar, umidade relativa e pluviosidade, foram obtidos diretamente da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) do posto Maranguape, por ser o mais próximo do local de estudo e apresentar coordenadas geográficas aproximadas as do município de Pacatuba.

4.3.3. Cálculo do ITU

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado nos períodos da manhã (7h-12h) e da tarde (13h-16h) a partir do modelo definido por THOM, (1959):

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

T = temperatura °C e

UR = umidade relativa do ar;

4.3.4. Cálculo do ITC

Os índices de tolerância ao calor (ITC) foram calculados diariamente durante os meses conforme abaixo:

4.3.4.1. Índice de Ibéria

$$\text{ITC} = 100 - 18 (\text{tm} - 38,33), \text{ onde:}$$

tm: temperatura retal média

4.3.4.2. Índice de Baccari Jr.

$$\text{ITC} = 10 - (\text{tr2} - \text{tr1}), \text{ onde:}$$

tr2: temperatura retal ao sol;

tr1: temperatura retal à sombra.

Neste experimento, foram considerados os valores de temperatura retal à sombra no horário da manhã (7 horas) e ao sol no período da tarde (15 horas).

4.3.4.3. Índice de Rauchenbach - Yerokhin

$$\text{ITC} = (1,2 \times \text{ta}) - (20 \times \text{d}) + 52, \text{ onde:}$$

ta: temperatura do ar (C⁰)

d: diferença entre as temperaturas retais medidas pela manhã (9 horas) e à tarde (15 horas).

Neste trabalho, o cálculo deste índice foi feito com temperaturas retais medidas pela manhã (7 horas) e a tarde (15 horas).

4.4. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SYSTAT versão 12, onde os parâmetros fisiológico (temperatura retal) e climático (temperatura do ar e umidade relativa) foram expressos em médias e desvio-padrão mensalmente e avaliados por ANOVA utilizando o modelo GLM (General Linear Model). Em seguida as comparações entre os meses do ano foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram feitas correlações simples de Pearson entre as variáveis climáticas (TA e UR) e os parâmetros de ITU, ITC e TR.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variáveis Ambientais:

5.1.1. Temperatura do Ar

Tabela 1. Temperatura do ar (°C) mensal resultado de medições diárias, a intervalos horários, durante o período de 7:00 às 16:00 horas, no ano de 2006, em Maranguape - Ce.

Mês	Média ± d.p	Máximo	Mínimo	Amplitude Térmica
Janeiro	30.1 ± 2.6 ^a	34.5	23.5	11.0
Fevereiro	28.8 ± 2.7 ^b	34.4	21.7	12.7
Março	27.6 ± 2.2 ^c	31.6	22.8	8.8
Abril	26.9 ± 2.0 ^d	31.1	22.8	8.3
Mai	27.4 ± 2.1 ^c	31.0	22.1	8.9
Junho	26.7 ± 1.9 ^d	30.0	21.7	8.3
Julho	27.9 ± 2.4 ^{cd}	32.0	22.6	9.4
Agosto	29.1 ± 2.7 ^b	33.2	21.6	11.6
Setembro	29.8 ± 2.6 ^{ea}	34.9	22.9	12.0
Outubro	30.4 ± 2.4 ^{fa}	34.2	24.1	10.1
Novembro	30.3 ± 2.4 ^{fa}	33.9	23.4	10.5
Dezembro	30.4 ± 2.4 ^{fa}	34.8	23.4	11.4

letras iguais na coluna não diferem entre si (P>0,05) pelo teste Tukey

Os dados de temperatura do ar mostram que os maiores valores de média, valor máximo e valor mínimo ocorreram nos meses de janeiro, setembro, outubro, novembro e dezembro, registrando também em fevereiro um elevado valor de máxima. Já no período de fevereiro a julho foram observadas as menores médias de temperatura, mostrando menores amplitudes térmicas de março a julho.

Segundo Pereira (2005), todos os valores observados superam os limites da zona de conforto térmico para animais taurinos durante o período, que para esta espécie encontra-se em torno de 0-16°C. Já para animais mestiços e zebuínos, os valores mínimos de temperatura do ar não superaram os valores limites para estas espécies que está situado entre 5-31°C e 10-27°C

respectivamente. Contudo, os valores máximos de temperatura encontrados foram superiores aos limites de conforto para estes animais no segundo período do ano juntamente com os meses de janeiro e fevereiro, próximos portanto do limite crítico para zebuínos que é de 35⁰C. Entretanto, NEIVA (1998) relata que um ambiente ideal está em torno de 18⁰ C, e caso esteja fora deste limite, o animal terá suas funções produtivas prejudicadas em favor da sua sobrevivência.

Observa-se ainda que a amplitude térmica não acompanha o mesmo padrão de evolução dos demais valores mostrando-se bem superiores nos meses de fevereiro e setembro com diminuição no período de março a junho e aumento no período de julho a dezembro. Isto mostra que durante o dia ou momento, os animais podem encontrar-se dentro ou fora da sua zona de conforto térmico sendo necessária ou não a mobilização dos seus mecanismos termorreguladores para se ajustar às condições ambientais.

As variações de temperatura ao longo do ano observadas na Tabela 1 mostram que as temperaturas médias e máximas são maiores no segundo semestre do ano ($P < 0,05$) nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, porém significativamente iguais ($P > 0,05$) à do mês de janeiro. As temperaturas mínimas se mantêm anualmente um pouco mais uniforme, com ligeiro aumento no segundo semestre. Isto pode ser explicado pelo fato de não haver estações do ano bem definidas na região de estudo, existindo apenas duas condições climáticas classificadas como chuvoso, no primeiro semestre, o que atenua o efeito da radiação solar e conseqüentemente a diminuição da temperatura, e seco no segundo período.

Observa-se na Figura 1, a existência de um período de transição ao longo do ano, o qual engloba os meses de maio, junho e julho. Este é o período

no qual ocorrem as principais mudanças climáticas, passando de uma época chuvosa (Figura 3), onde as temperaturas tendem a ser mais amenas, provavelmente devido a uma menor radiação solar direta sobre a superfície, para uma época seca, fazendo com que a temperatura ambiente continue elevada no segundo semestre com umidade relativa mais baixa (Figura 2).

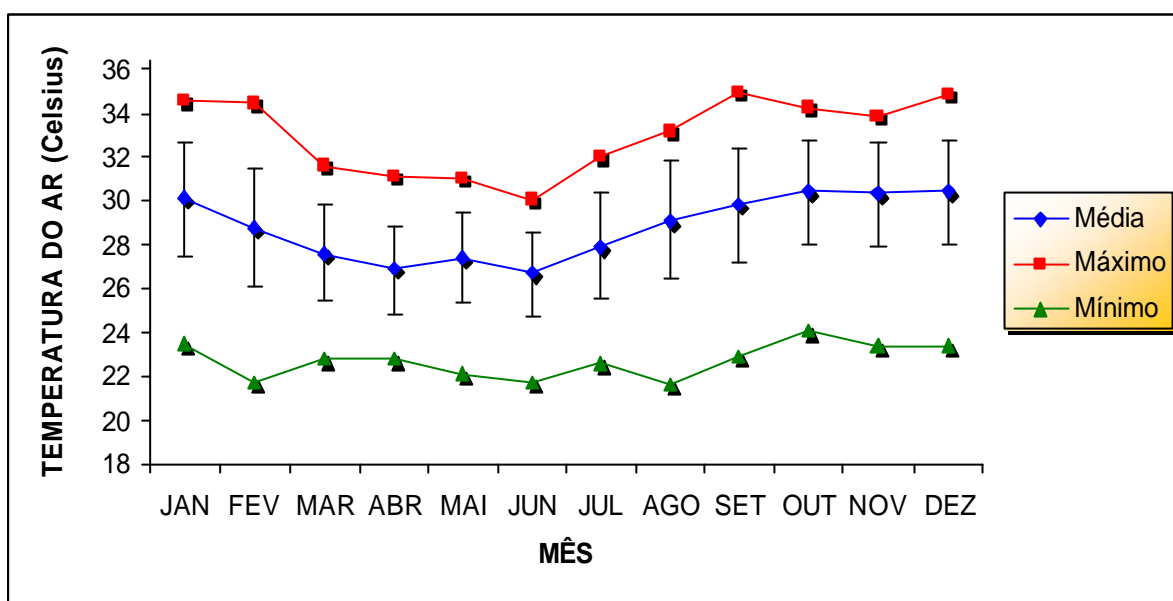


Figura 1 – Variações mensais médias, máximas e mínimas da temperatura do ar durante o ano de 2006 resultado de medições diárias nos horários de 7 às 16 horas em Maranguape - Ce.

O comportamento diário da temperatura do ar mostra diferenças médias significativas ($P < 0,05$) entre os momentos da manhã e da tarde com valores de 27,43 e 30,15⁰C, respectivamente, mostrando a influência da radiação solar sobre a temperatura ambiente que ao longo do dia tem o mesmo padrão de comportamento da radiação solar direta, atingindo o seu valor máximo duas horas após o pico de radiação máxima (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992).

Os maiores valores de temperatura média encontrados foram nos meses de setembro (34,87⁰C) no período da tarde e outubro (33,20 ⁰C) pela

manhã. O comportamento anual e diário desta variável ambiental é fundamental para definição do período mais favorável ao animal e assim sugerir e aplicar estratégias de manejo adequadas. Contudo, avaliar este parâmetro isoladamente pouco reflete os reais efeitos sobre o animal. Estes valores elevados não só de temperatura ambiente bem como também de radiação solar e umidade relativa do ar atuam negativamente na produção de leite (ARMSTRONG, 1994; WEST, 1999b) e reprodução, principalmente quando associados ao calor metabólico oriundo da manutenção e dos processos produtivos, levando a uma condição de estresse térmico (WEST, 1999).

5.1.2. Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa apresenta um curso inverso ao da temperatura do ar. Em contrapartida, pode apresentar-se em condições elevadas em momentos do dia em que a temperatura ambiente também está elevada.

Tabela 2. Umidade relativa do ar (%) mensal resultado de medições diárias, a intervalos horários, durante o período de 7:00 às 16:00 horas, no ano de 2006, em Maranguape - Ce.

Mês	Média ± d.p	Máximo	Mínimo	Amplitude
Janeiro	53.0 ± 12.8 ^a	91.1	32.4	58.7
Fevereiro	65.4 ± 15.5 ^b	93.0	31.8	61.2
Março	75.7 ± 10.8 ^c	93.7	46.5	47.2
Abril	81.3 ± 8.3 ^d	95.1	61.3	33.8
Mai	75.3 ± 9.6 ^c	94.7	56.7	38.0
Junho	71.5 ± 9.5 ^e	93.3	56.0	37.3
Julho	60.6 ± 12.1 ^f	92.7	35.8	56.9
Agosto	50.8 ± 13.4 ^g	91.7	26.6	65.1
Setembro	49.1 ± 13.2 ^{gh}	90.8	23.2	67.6
Outubro	48.7 ± 11.3 ^h	79.4	31.6	47.8
Novembro	50.3 ± 12.5 ^{gh}	88.7	27.3	61.4
Dezembro	52.5 ± 12.4 ^{ag}	89.0	30.0	59.0

letras iguais na coluna não diferem entre si (P>0,05).

A Tabela 2 mostra que os maiores valores médios de UR ocorreram nos meses de abril e maio, com valores máximos e mínimos também mais elevados também neste período, fato explicado pela estação chuvosa nestes meses. Já os menores valores médios foram registrados no segundo semestre durante os meses de setembro e outubro, mostrando menores valores de mínima nos meses de agosto e setembro. Todavia, a região apresenta densa vegetação arbórea e arbustiva o que pode ter contribuído para os elevados valores máximos de umidade também do segundo semestre, o que caracteriza o clima da região como quente e úmido. Esta condição ambiental de elevada umidade relativa do ar é prejudicial ao animal no tocante à perda de calor para o ambiente, especificamente nos mecanismos não-evaporativos (condução, convecção e irradiação) que se tornam ineficientes (PEREIRA, 2005; SILVA, 2000).

Na Figura 2, pode-se observar que os dados médios de umidade relativa apresentam um curso inverso ao da temperatura do ar (Figura 1), sendo elevada no primeiro semestre do ano até meados do mês de maio, com valores máximos no mês de abril, o que coincide com a máxima precipitação do ano (296 mm). A partir deste ponto, a umidade começa a diminuir até atingir o mínimo no mês de outubro, com mesmo padrão de comportamento da precipitação que neste mesmo mês foi de apenas 1 (Figura 3).

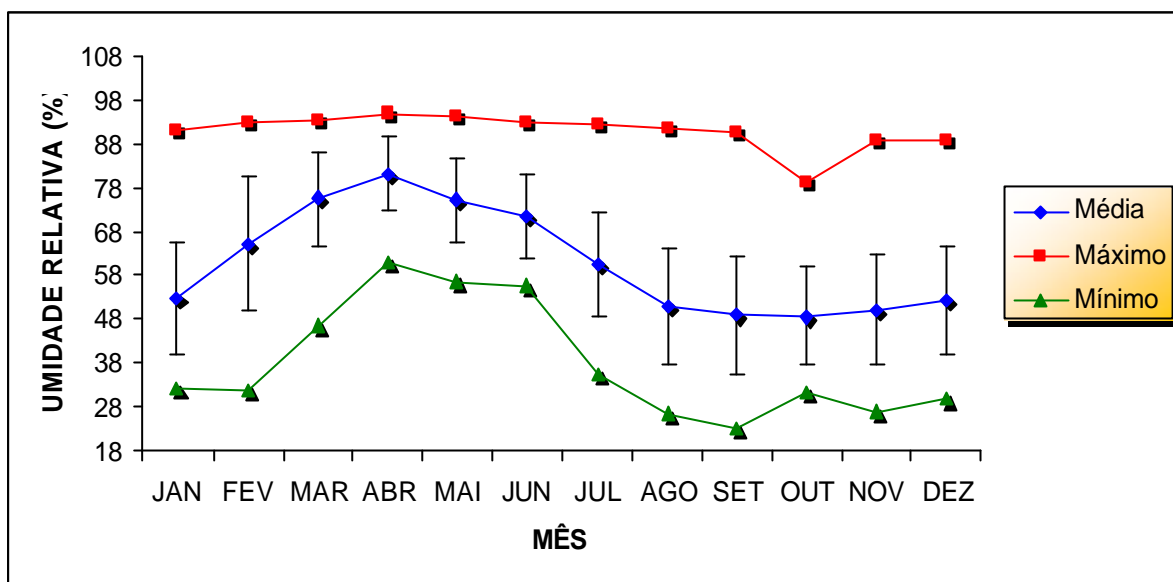


Figura 2 – Variações mensais médias, máximas e mínimas da umidade relativa o ar durante o ano de 2006 resultado de medições diárias nos horários de 7 às 16 horas em Maranguape - Ce.

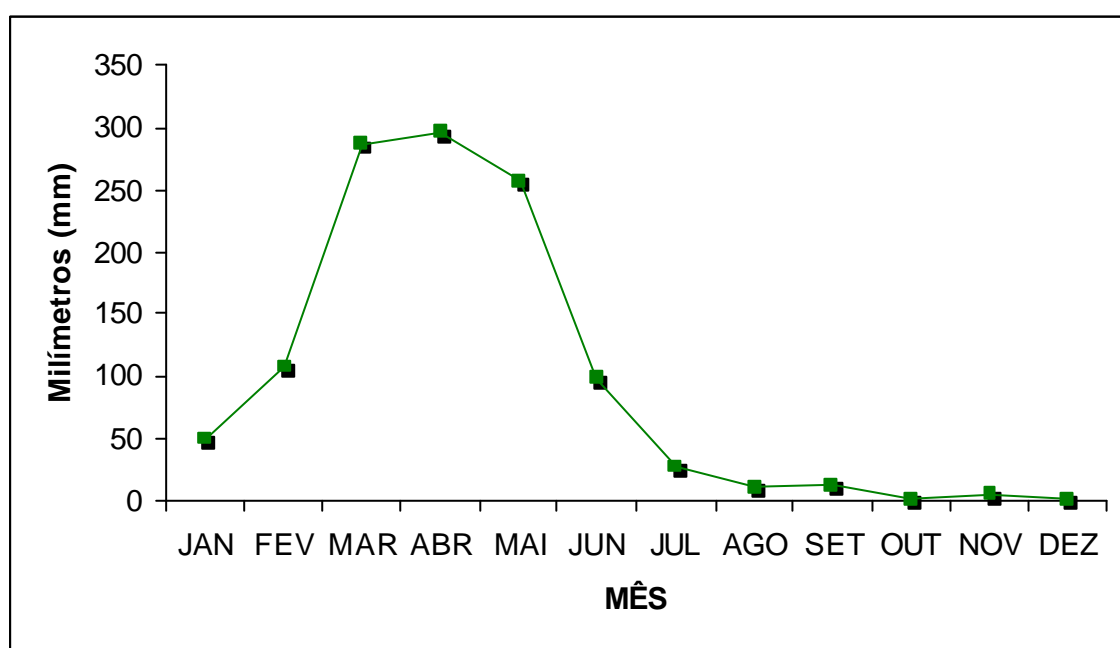


Figura 3 – Variação mensal média da pluviosidade ao longo do ano de 2006 em Maranguape – CE.

O padrão de comportamento diário da umidade relativa do ar é também inverso ao da temperatura assim como ocorre no padrão anual, apresentando a maior média percentual no período da manhã (67,26%) e,

consequentemente, menor à tarde (55,16%), com diferenças significativas ($P < 0,05$). No mês de abril foram registrados os maiores valores de umidade relativa em ambos os períodos manhã e tarde, com 95% e 94%, respectivamente, fato explicado pela maior precipitação do ano naquele mês.

Uma diminuição no percentual de umidade ocorre tão logo aconteça um saldo positivo de radiação (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992), o que acontece logo pela manhã e até o final do dia, voltando a aumentar quando o saldo de radiação torna-se negativo. Este fato pode ser observado na Figura 4, onde nas primeiras horas do dia ocorre um aumento gradativo na temperatura devido a um aumento na radiação solar direta, com a respectiva diminuição da umidade relativa. Observa-se que o pico da temperatura ambiente ocorre no período de 13 às 14 horas que coincide com o mínimo de umidade relativa, mostrando assim o seu comportamento inverso em relação à temperatura.

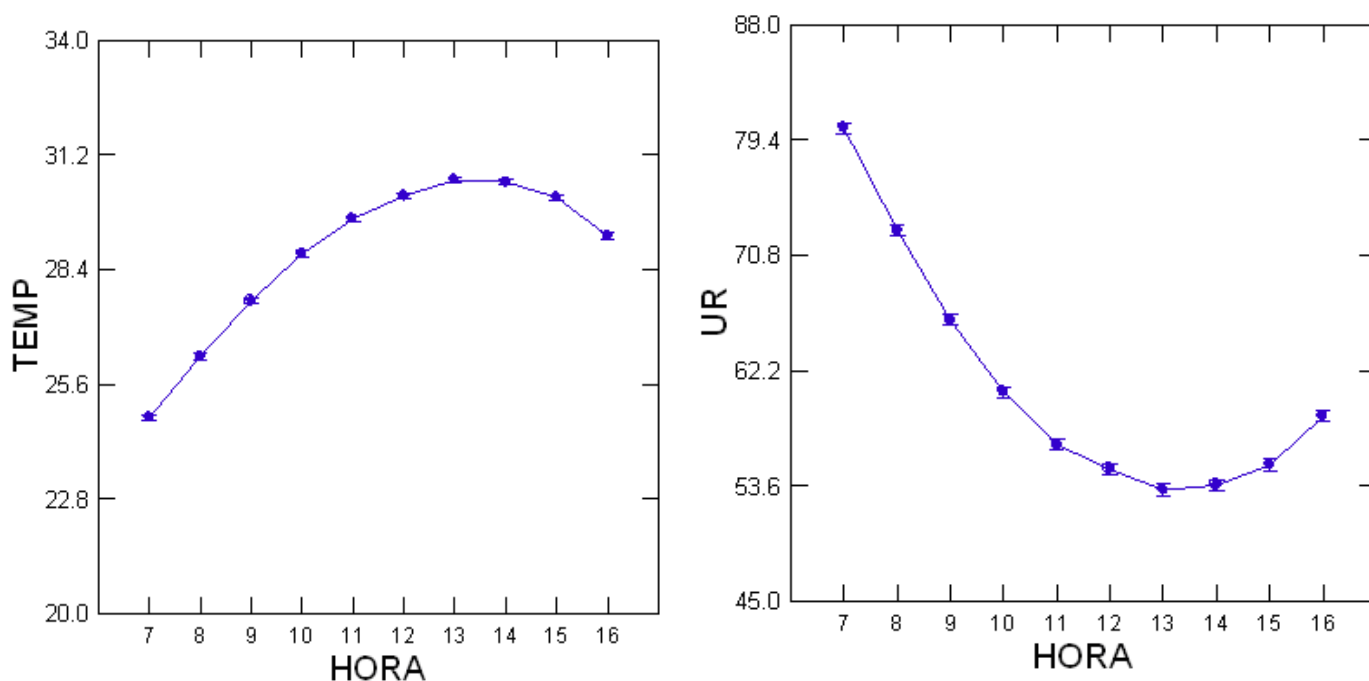


Figura 4 – Comportamento diário da temperatura do ar e da umidade relativa resultado de medições mensais horárias médias no período de 7 às 16 horas no ano de 2006 em Maranguape - CE.

5.2. Índice de Temperatura e Umidade

O conforto térmico dos animais de muitas espécies não depende somente de variáveis ambientais, ou mesmo de avaliações isoladas da temperatura ambiente, umidade relativa e radiação, entre outros (SILVA, 2000). O efeito combinado destes parâmetros é auxiliam a predizer o nível de conforto ao qual os animais estarão submetidos, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Índice de temperatura e umidade (ITU) mensal resultado de medições diárias, a intervalos horários, durante o período de 7:00 às 16:00 horas, no ano de 2006, em Maranguape - Ce.

Mês	Média ± d.p	Maximo	Mínimo	Amplitude
Janeiro	78.5 ± 1.8 ^a	81.8	73.5	8.3
Fevereiro	78.5 ± 2.1 ^a	82.2	70.6	11.6
Março	78.3 ± 2.1 ^a	81.9	72.5	9.4
Abril	77.9 ± 2.2 ^b	82.9	72.5	10.4
Maio	77.9 ± 2.3 ^b	82.0	71.4	10.6
Junho	76.3 ± 2.1 ^c	81.0	70.6	10.4
Julho	76.6 ± 2.1 ^{cd}	80.0	70.3	9.7
Agosto	76.8 ± 2.1 ^d	80.5	70.4	10.1
Setembro	77.5 ± 1.9 ^e	81.3	71.9	9.4
Outubro	78.3 ± 1.7 ^a	81.1	73.1	8.0
Novembro	78.4 ± 1.6 ^a	80.8	73.1	7.7
Dezembro	78.9 ± 1.6 ^f	81.6	72.9	8.7

letras iguais na coluna não diferem entre si (P>0,05).

Neste caso, os maiores valores médios de ITU são registrados nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro correspondendo também às menores amplitudes com exceção de fevereiro, o qual apresentou o maior valor de amplitude. O menor valor médio de ITU foi registrado no mês de junho, não diferindo (P>0,05) de julho, o qual corresponde também ao menor índice de máxima e de mínima. Pode ser visto ainda que no segundo semestre ocorre um aumento gradativo dos valores médios de ITU com o maior valor observado

em dezembro, em comparação com os outros meses ($P < 0,05$), fato que pode ser explicado pelo aumento da temperatura e umidade no mesmo período, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2. Entretanto, esta elevação no ITU está mais relacionada com a temperatura do ar dado que apresenta uma correlação maior ($r = 0,84$; $p < 0,05$) com esta variável do que com a umidade relativa do ar, com a qual apresenta uma correlação negativa ($r = -0,53$; $p < 0,05$).

Observando os dados de ITU máximos, verifica-se que o primeiro semestre do ano apresenta os maiores valores quando comparados com o segundo período do ano, tendo os meses de abril e julho com o maior e o menor valor de ITU, respectivamente, não ocorrendo o mesmo padrão para os mínimos que apresentam uma distribuição ligeiramente uniforme ao longo do ano, porém, com maiores valores registrados nos meses de janeiro, outubro, novembro e dezembro.

Segundo HAHN (1985), os valores de ITU apresentados na Tabela 3 mostram que as médias indicam condição de ambiente crítica (71-78) durante todo o ano com valor muito próximo de perigo (79-83) no mês de dezembro. Analisando os dados de máxima, verifica-se que a condição ambiental passa de crítica para perigo também ao longo do ano e que os maiores valores se encontram no primeiro semestre com valor máximo em abril. Contudo, PEREIRA (2005) relata que valores de ITU acima de 82 já mostram uma condição de emergência, o que pode ser visto nos meses de fevereiro e abril com valor muito próximo no mês de março.

Já para os dados de mínima, os meses de março a maio e de setembro a dezembro são os que apresentam situação crítica de conforto,

juntamente com o mês de janeiro, apresentando uma condição de ambiente normal nos meses restantes.

Entretanto, segundo JOHNSON (1987), os valores médios encontrados estão dentro do limite de ITU como condições ambientais amenas (72-79) com maiores valores nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro. Para os valores máximos, o estresse ambiental é do tipo moderado (80-89) com maior índice registrado em abril e menor no mês de julho. Contudo, este corresponde ao menor valor de mínima onde não apresenta condição estressante do ambiente, exceto nos meses de janeiro, março e abril e no período de outubro e dezembro, onde o estresse é moderado.

Comparando os momentos da manhã e da tarde foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) nos valores de ITU de 76,81 e 78,85 respectivamente, concordando com dados encontrados por PERISSINOTO, (2003) onde também verificou os maiores índices no período da tarde em São Pedro-SP, região também de clima quente e úmido.

Como consequência dos elevados valores de ITU, tem sido relatados problemas na produção de leite (HOLTER *et al.*, 1996; CONSTANZO *et al.*, 1997; NEIVA, 1998; WEST, 1999b; KLOSOWSKI *et al.* 2002; ARCARO *et al.* 2003), e na atividade reprodutiva dos animais (AL-KATANANI *et al.*, 1999; De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003; LÓPEZ-GATIUS, 2003 OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2005; GARCÍA-ISPIERTO *et al.*, 2006),

Estes resultados mostram que existe uma grande variação de interpretações das ideais condições ambientais para os animais, entretanto, avaliar somente os valores médios pode mostrar condições irreais de ambiente, uma vez que os dados de máxima e de mínima mostraram outra condição de conforto térmico dentro do mesmo mês. Dessa forma, o fornecimento de

sombra natural ou artificial, água em abundância e de boa qualidade, o não fornecimento de alimentos nas horas mais quentes do dia são estratégias de manejo que podem ser sugeridas, principalmente quando as condições ambientais forem de emergência (PEREIRA, 2005).

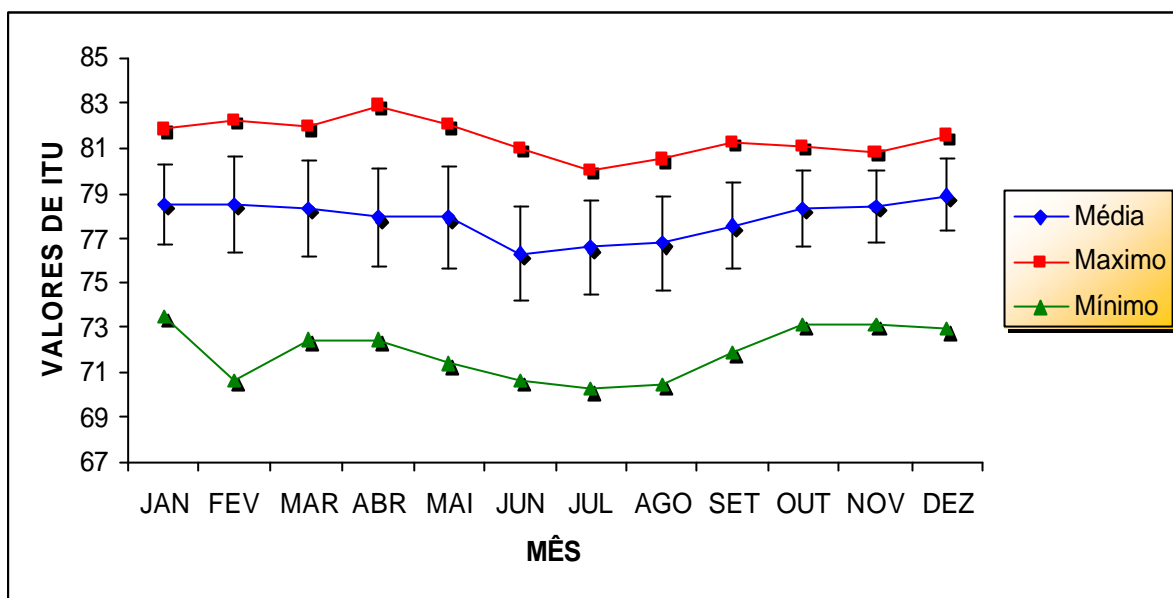


Figura 5 – Variações mensais médias, máximas e mínimas de ITU durante o ano de 2006 resultado de medições diárias nos horários de 7 às 16 horas em Maranguape - Ce.

Assim como nas variáveis ambientais, observa-se na Figura 5 que existe um período de transição compreendido entre os meses de maio, junho e julho, o qual é delimitado pelo final da estação chuvosa e início da estação seca. É neste período em que são registrados os menores valores de ITU e esta fase pode ser propícia a problemas devido ao fato deste sofrer alterações fisiológicas para se adaptar a uma nova condição ambiental o que pode ser visto na Figura 6.

5.3. Temperatura Retal

Tabela 4. Valores mensais médios, máximos, mínimos e de amplitude da temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) de vacas leiteiras mestiças medidas diariamente nos horários de 7:00 e 15 horas após as ordenhas no ano de 2006 em Pacatuba-Ce.

Mês	Média \pm d.p	Máximo	Mínimo	Amplitude
Fevereiro	38,96 \pm 0,88 ^a	41	38	3
Março	38,98 \pm 0,74 ^a	41	38	3
Abril	38,60 \pm 0,55 ^b	40	38	2
Mai	38,85 \pm 0,63 ^c	41	38	3
Junho	39,77 \pm 0,91 ^d	43	38	5
Julho	39,83 \pm 0,76 ^d	43	39	4
Setembro	38,74 \pm 0,62 ^{bc}	42	38	4
Outubro	39,06 \pm 0,79 ^a	41	38	3
Novembro	39,24 \pm 0,77 ^e	41	38	3
Dezembro	39,40 \pm 0,74 ^f	41	38	3

letras iguais na coluna não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste Tukey.

Observa-se que os dados médios não se encontram elevados apresentando a menor temperatura retal no mês de abril que também corresponde ao menor valor de máxima e de amplitude. Verifica-se ainda uma diminuição significativa ($P < 0,05$) no mês de setembro, ocorrendo logo após nos meses seguintes um aumento gradual significativo ($P < 0,05$; Tabela 4 e Figura 6). Para os dados mínimos existe uma maior uniformidade ao longo do ano, apresentando seu maior valor no mês de julho, mantendo-se mesmo assim dentro da normalidade. Os maiores valores de média registrados foram nos meses de transição, aqui representados pelos meses de junho e julho o que não compromete a dinâmica hormonal, haja vista que a temperatura retal normal está em torno de $38\text{-}39^{\circ}\text{C}$. Entretanto, neste período de transição, são observadas as maiores temperaturas retais nos dados de máxima, mantendo o mesmo padrão para as amplitudes, tornando-o crucial para o animal. A partir deste momento, a temperatura retal máxima passa a diminuir, o que mostra

claramente o processo de adaptação fisiológica do animal a esta nova situação, havendo mudança de períodos climáticos de chuvoso para seco.

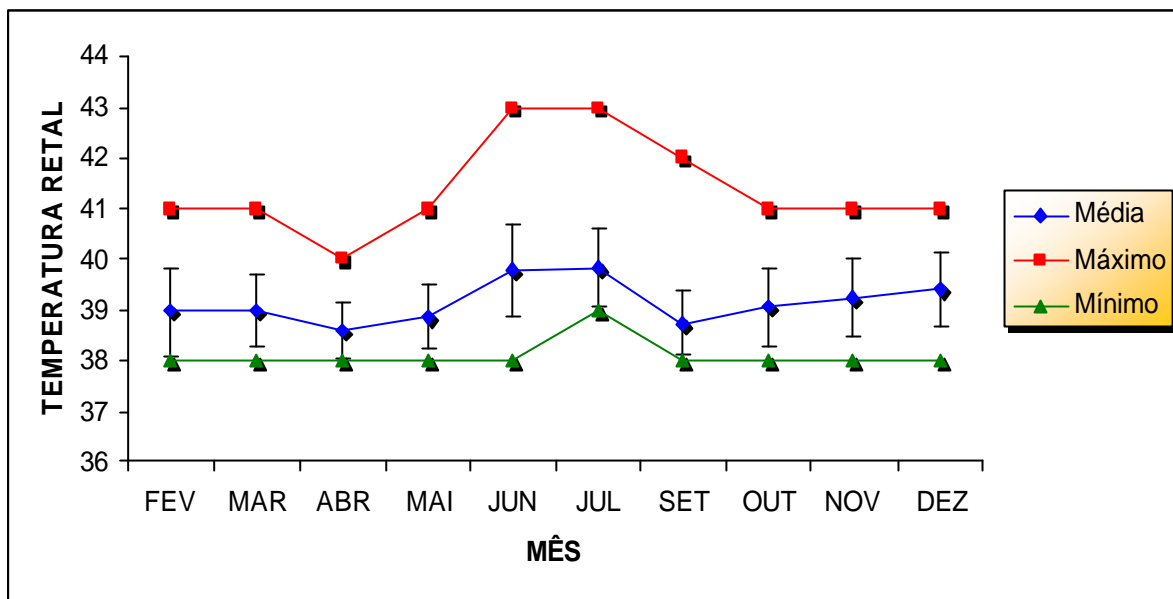


Figura 6 – Variações mensais médias, máximas e mínimas da temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) de vacas leiteiras mestiças medidas diariamente nos horários de 7 e 15 horas após as ordenhas no ano de 2006 em Pacatuba - Ce.

Observa-se na Figura 6 que a temperatura retal não apresenta o mesmo padrão de comportamento do ITU e das variáveis climáticas, apresentando correlações baixas com a TA ($r=0,44$) e ITU ($r= 0,31$), e média com a UR ($r= -0,50$), porém significativas ($P<0,05$), contrastando com o valor encontrado por AZEVEDO *et al.*, (2005) de 0,53 ($P<0,01$) entre TR e ITU. Contudo, estes resultados podem ser explicados pelo fato das temperaturas retais serem avaliadas somente nos horários das ordenhas (7h e 15h) diferentemente dos outros parâmetros.

Entretanto, apesar de não ter sido evidenciado o mesmo comportamento de transição nas variáveis de ambiente, os valores médios de UR estavam elevados o que resulta em combinações desfavoráveis com a temperatura ambiente. Quando se analisa os dados médios de ITU, vê-se que

este se encontra numa condição crítica de ambiente e até de perigo quando se analisa os dados máximos. Isso mostra que nesta transição climática, os animais sofrem mais para manter a sua homeotermia e pequenas mudanças no ambiente com relação aos dados de temperatura e umidade relativa do ar são significativas em promover alterações fisiológicas nos animais prejudicando o processo de termólise, que é refletida no aumento da temperatura retal a qual é frequentemente utilizada como um parâmetro fisiológico de adaptabilidade em ambientes quentes, pois seu aumento revela a ineficiência dos mecanismos termorreguladores em manter a homeotermia.

Segundo HANSEN (2005), a temperatura corporal normal da vaca está em torno de 38,5 °C e relata que acréscimos de 0,5°C provocam declínio na taxa de concepção de 12,8%, reduzindo o consumo de alimentos (CONSTANZO *et al.*, 1997) e com efeitos diretos na lactação seguinte. Já DHIMAN & ZAMAN, (2001) consideram que a TR com valor superior a 39,2°C já é um indicativo de estresse por calor. Assim sendo, ao se comparar com os resultados mostrados na Tabela 4, verifica-se que as temperaturas retais encontram-se acima da faixa ideal nos valores médios dos meses de junho, julho, novembro e dezembro e nos valores máximos.

No decorrer do dia, a temperatura retal apresenta uma tendência de elevação passando de 38,72 °C no período da manhã para 39,57 °C à tarde ($P < 0,05$). Este comportamento diário concorda com os dados encontrados por PERISSINOTO, (2003), NÄÄS & ARCARO JÚNIOR, (2001), DAMASCENO *et al.*, (1998) e MARTELLO (2002), que relatam que a TR sofre interação com a hora do dia apresentando maiores valores no período da tarde em relação à manhã.

Segundo classificação de BIANCA (1961) os valores médios de TR apresentados na Tabela 4 indicam que os animais encontravam-se em situação de estresse brando no primeiro semestre do ano, uma vez que os mecanismos termorregulatórios foram eficientes em manter a temperatura corporal na faixa de normalidade. Portanto, falhas no processo de termólise elevam a temperatura retal como pode ser visto nos dados médios de junho e julho e nos valores de máxima ao longo do ano podendo levar os animais a uma condição de estresse moderado a severo.

5.4. Índice de Tolerância ao Calor

Os resultados deste índice mostram o quão tolerante é o animal frente às adversidades do meio. O animal é dito tolerante ao calor quando este consegue manter sua homeotermia em condições de temperaturas ambientais elevadas, sendo esta tolerância avaliada pelos valores de temperatura retal. Diferentemente do ITU que avalia somente variáveis ambientais, o ITC se utiliza de avaliações isoladas de TR ou de combinações dos parâmetros ambientais com fisiológicos.

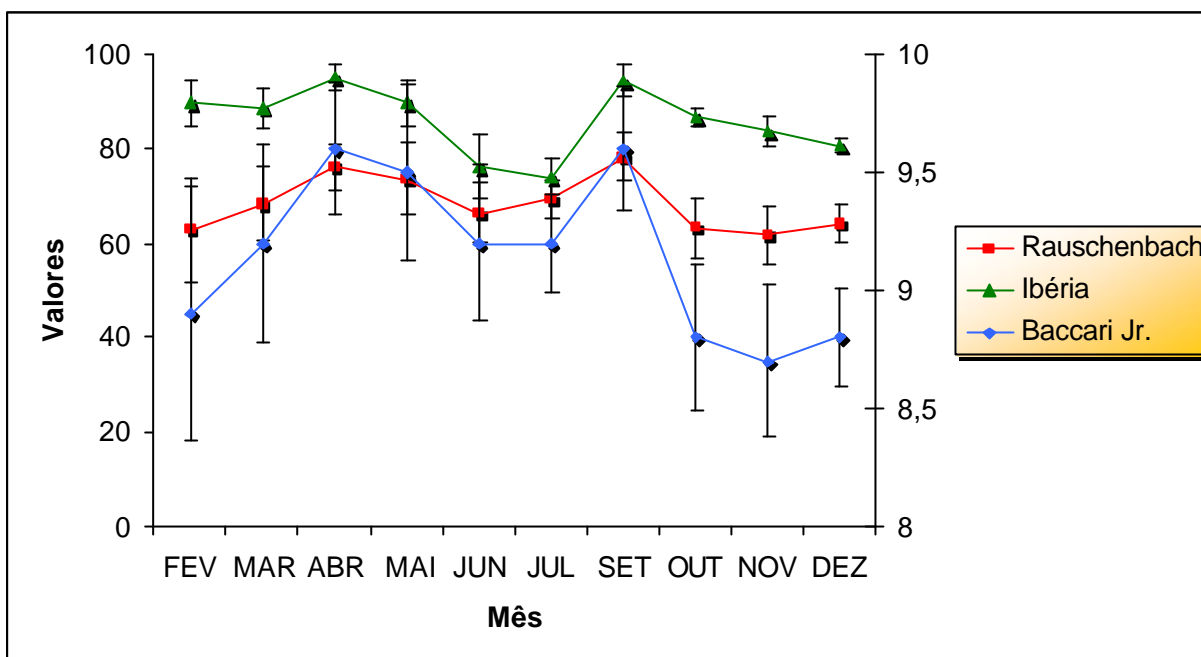


Figura 7 – Variações mensais médias dos índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras mestiças segundo Baccari Jr. (escala da direita), Rauschenbach-Yerokhin e Ibéria durante o ano de 2006.

Observa-se o mesmo período de transição com relação à temperatura retal (Figura 6), formado pelos meses de junho e julho quando avaliados os índices de tolerância. Em ambos os índices avaliados, os meses de abril e setembro mostram-se como períodos de maior tolerância ao calor pelos animais seguidos de uma diminuição nos meses seguintes com ligeiro aumento no mês de dezembro o que é explicado pelos valores de temperatura retal nestes meses (Tabela 4). O índice de Baccari Jr. apresenta os menores valores (Tabela 5) nos meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro (8,9; 8,8; 8,7; 8,8, respectivamente). Ambos os índices apresentam comportamentos semelhantes ao longo do ano, mostrando um aumento gradativo da tolerância nos primeiros meses do ano (fevereiro a abril) seguido de uma diminuição no período de transição (maio a junho), onde ocorrem as mudanças climáticas.

Tabela 5 – Variações mensais médias dos índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras mestiças segundo Baccari Jr., Rauschenbach-Yerokhin e Ibéria durante o ano de 2006.

Mês	Baccari Jr.	Rauschenbach Yerokhin	Ibéria
FEV	8,9 ± 0,54	62,7 ± 11,14	89,6 ± 4,64
MAR	9,2 ± 0,42	68,2 ± 7,75	88,6 ± 4,22
ABR	9,6 ± 0,28	76,1 ± 5,03	95,1 ± 2,49
MAI	9,5 ± 0,37	73,6 ± 7,69	89,9 ± 4,87
JUN	9,2 ± 0,33	66,4 ± 6,36	76,1 ± 6,89
JUL	9,2 ± 0,21	69,3 ± 4,18	73,7 ± 4,22
SET	9,6 ± 0,26	78,1 ± 5,09	94,4 ± 3,65
OUT	8,8 ± 0,31	63,1 ± 6,47	86,9 ± 1,92
NOV	8,7 ± 0,32	61,6 ± 6,38	83,7 ± 3,21
DEZ	8,8 ± 0,21	64,2 ± 4,12	80,7 ± 1,60

Estudos têm mostrado o uso destes índices na avaliação de raças mais tolerantes ao clima tropical. TITTO *et al.* (1998), estudando a resistência das raças Nelore e Marchigiana ao trópico observaram que a raça italiana apresentou excelente tolerância ao calor juntamente com a raça Nelore, com valores de 9,51 e 9,87 respectivamente, segundo o teste de BACCARI JR. Já MÜLLER, (1982) fazendo uso do teste de Ibéria na avaliação de raças mais tolerantes ao calor, observou melhor desempenho para o Guzerá (91,2) e pior para o Aberdeen Angus. Entretanto, a avaliação destes índices é contraditória, pois como pode ser visto na Tabela 5, os índices de Rauschenbach-Yerokhin e de Ibéria, que possuem escala de 0-100 indicando que quanto mais próximo de 100 o animal é mais tolerante ao calor, mostram condições diferentes de

tolerância dentro do mesmo mês ao longo do ano. Este fato também é relatado por MÜLLER (1982) em um estudo comparando dois índices de tolerância, o de Ibéria e o de Benezra, onde foi observado que animais com diferentes graus de tolerância em um teste foram tidos como iguais em outro.

Nesse sentido, correlações destes índices foram feitas com parâmetros ambientais e de temperatura. Pode-se observar (Tabela 6) que os índices de Baccari Jr. e de Rauschenbach-Yerokhin, apresentam correlações ($p < 0,05$) baixas e negativas com TR, TA e ITU e positiva com a UR mostrando melhor correlação com as variáveis de ambiente. Já o índice de Ibéria é o único que apresenta correlação elevada e negativa com a TR ($r = 0,99$; $p < 0,05$) mostrando melhor correlação quando comparado com os outros índices.

Tabela 6 – Correlações dos índices de tolerância ao calor (ITC) com parâmetros ambientais (temperatura e umidade relativa do ar), índice de temperatura e umidade e temperatura retal durante o ano de 2006.

	TA	UR	ITU	TR
Baccari Jr.	-0,442 <i>p: 0.000</i>	0,438 <i>p: 0.000</i>	-0,270 <i>p: 0.002</i>	-0,253 <i>p: 0.006</i>
Rauschenbach-Yerokhin	-0,251 <i>p: 1.000</i>	0,281 <i>p: 1.000</i>	-0,116 <i>p: 1.000</i>	-0,267 <i>p: 1.000</i>
Ibéria	-0,029 <i>p: 1.000</i>	0,328 <i>p: 0.000</i>	0,308 <i>p: 0.000</i>	-0,998 <i>p: 0.000</i>

Estes resultados mostram que o índice de tolerância ao calor de Ibéria é provavelmente o mais confiável para medir a tolerância dos animais ao calor, uma vez que este apresenta correlação negativa com a temperatura retal.

6. CONCLUSÕES

- Conclui-se que não somente durante o ano, mas também no período do dia, os animais estão sujeitos a diversas condições de ambiente, principalmente quando se avalia os valores máximos de temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU);

- As avaliações somente dos valores médios das variáveis ambientais, ITU e TR não são confiáveis para identificação de estresse térmico. Os resultados mostraram que as avaliações dos valores máximos não devem ser relegadas, quando se objetiva avaliar o efeito do clima sobre os animais, uma vez que a simples análise destes valores mostrou condições críticas de ambiente, afetando a tolerância dos mesmos ao calor;

- A avaliação associada do ITU e ITC poderá se constituir uma ferramenta eficiente para identificação de estresse térmico em nível de rebanhos;

- Dentre os Índices de Tolerância ao Calor avaliados, o índice de Ibéria mostrou-se o mais adequado, uma vez que este apresentou melhor correlação com a temperatura retal.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, D.C. **Essentials of Meteorology (An invitation to the Atmosphere)**. fourth edition. 2005.

AL-KATANANI, M.Y., WEBB, W.D., HANSEN, J.P. **Factors Affecting Seasonal Variation in 90-Day Nonreturn Rate to First Service in Lactating Holstein Cows in a Hot Climate**. *J. Dairy Sci.* 1999. 82: 2611-2616.

AL-KATANANI, M.Y., DROST, M., MONSON, L.R., RUTLEDGE, J.J., KRININGER III, E.C., BLOCK, J., THATCHER, W.W., HANSEN, J.P. **Pregnancy rates following timed embryo transfer with fresh or vitrified in vitro produced embryos in lactating dairy cows under heat stress conditions**. *Theriogenology*. 2002. 58: 171-182.

AMBROSE, D.J., DROST, M., MONSON, L.R., RUTLEDGE, J.J., LEIBFRIED-RUTLEDGE, L.M., THATCHER, J.M., KASSA, T. BINELLI, M., HANSEN, J.P. CHENOWETH, J.P., THATCHER, W.W. **Efficacy of Timed Embryo with Fresh and Frozen In Vitro Produced Embryos to Increase Pregnancy Rates in Heat-Stressed Dairy Cattle**. *J. Dairy Sci* 1999. 82: 2369-2376.

ARCARO, I; ARCARO, P.R.J. POZZI, R.C.MATARAZZO, V.S. **Efeitos da Climatização em Sala de espera Sobre as Variáveis Fisiológicas e Produtivas de Vacas em Lactação**. *B. Indústr.Anim., N. Odessa,v.60, n.2, p.173-177, 2003*

ARCARO, I., ARCARO, P.R.J.; POZZI, R.C. FAGUNDES, H.; MATARAZZO, V.S. OLIVEIRA, A.C. **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, 2003b

ARGOV, N., MOALLEM, U., SKLAN, D. **Summer heat stress alters the mRNA expression of selective-uptake and endocytotic receptors in bovine ovarian cells. *Theriogenology*. 2005. 64: 1475-1489.**

ARMSTRONG, D.V. **Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *Journal of Dairy Science* Vol. 77, No. 7, 1994**

AZEVEDO, M., PIRES, M.F.A., SATURNINO, H.M., LANA, A.M.Q, SAMPAIO, I.B.M., MONTEIRO, L.E.M. **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.**

BARTOLOMEU, C.C., DEL REI, J.A., ÁLVARES, G.T.C., REZENDE, R.G. **Influência do estresse térmico sobre a atividade de monta de vacas da raça girolanda no município de Entre Rios/BA. *Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*, 2005. Goiânia, GO. Anais: Resumos.**

BÉNYEI, B., GÁSPÁRDY, A., BARROS, C.W.C., **Changes in embryo production results and ovarian recrudescence during the acclimatisation to the semiarid tropics of embryo donor Holstein-Friesian cows raised in a temperature climate. *Anim. Reprod. Sci.* 2001. 68: 57-68.**

BIANCA, W. Heat tolerance in cattle its concepts: measurement and dependence on modify factors. **International Journal of Biometeorology**, v. 5, p.5-30, 1961.

- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H., PITT, D., THATCHER, W.W, COLLIER, R.J. **Black – Globe – Humidity Index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.** Transactions of the ASAE. 24:711-714, 1981.
- BROSH, A., AHARONI, Y., DEGEN, A. A., WRIGHT, D., YOUNG, A.B. **Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment.** *J. Anim. Sci.*, 1998. 76: 2671-2677.
- CAMPOS, T.A.; PIRES, A.F.M.; CAMPOS, T.A.; CAMPOS, S.D.; NOVAES, P.L.; XAVIER, F.D. **Efeito do Estresse Térmico Avaliado pelo índice de Temperatura e Umidade sobre a Produção de Leite de Vacas Holandesas na Região de Juiz de Fora, MG.** Anais da 40^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2003. CD-ROM. Santa Maria, RS
- CONSTANZO, D.A.; SPAIN, N.J. SPIERS, E.D. **Supplementation of Nicotinic for Lactating Holstein Cows Under Heat Stress Conditions.** *Journal Dairy Science* 1997.80:1200-1206
- CORASSIN, H.C. **Determinação e avaliação de fatores que afetam a produtividade de vacas leiteiras: aspectos sanitários e reprodutivos.** Tese de Doutorado, ESALQ, 2004.
- DAMASCENO, J.C., BACCARI JR, 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, 1998.

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

DHIMAN, T.R.; ZAMAN, M.S. **Desafios dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente.** In: Simpósio de Nutrição e Produção de Gado de Leite. 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. p.05-20.

DOBSON, H., SMITH, F.R. **What is stress, and how does it affect reproduction?** *Anim. Reprod. Sci.*60-61, 2000. 743-752

GARCÍA-ISPIERTO, I., LÓPEZ-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*. 2006. 65: 799-807.

GUZELOGLU, A., AMBROSE, D.J., KASSA, T., DIAZ, T., THATCHER, J.M., TATCHER, J.J. **Long-term follicular dynamics and biochemical characteristics of dominant follicles in dairy cows subjected to acute heat stress.** *Anim. Reprod. Sci.* 2001. 66: 15-34

GRECELLÉ, A.R., BARCELLOS, J.O.J., NETO, B.J., COSTA, C.E., PRATES, R.E. **Taxa de prenhez de vacas Nelore x Hereford em ambiente subtropical sob restrição alimentar.** *R. Bras.Zootec.*, v.35, n.4, p.1423-1430, 2006.

GRUNERT, E., BIRGE, H.E., VALE, G.W. **Patologia clínica da reprodução dos animais mamíferos domésticos: ginecologia.** São Paulo: Livraria Varela. 2005

- HANSEN, J.P., ARÉCHIGA, F.C. **Strategies for Managing Reproduction in the Heat-Stressed Dairy Cow.** *J. Anim. Sci* 1999. Vol.77.
- HANSEN, J.P., DROST, M., RIVERA, M.R., PAULA-LOPES, F.F., AL-KATANANI, M.Y., KRININGER III, E.C., CHASE, C.C. **Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation.** *Theriogenology*. 2001. 55: 91-103
- HANSEN, J.P. **Managing the Heat-Stressed Cow to Improve Reproduction.** Proceedings of the 7th Western Dairy Management Conference. March 9-11, 2005.
- HOLTER, J. B., WEST, J. W., MCGILLIARD, M. L. et al. **Predicting *ad libitum* dry matter intake and yields of Jersey cows.** *J. Dairy Sci.*, 1996. 79: 912-921.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 15.dez. 2007.
- JOUSAN, D.F., DROST, M., HANSEN, J.P. **Factors associated with early and mid-to-late fetal loss in lactating and nonlactating Holstein cattle in a hot climate.** *J. Anim. Sci.* 2005. 83:1017-1022.
- KLOSOWSKI, S.E.; CAMPOS, T.A. GASPARINO, E. **Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002
- LINN, G.J. **Nutritional Management of Lactating Dairy Cows During Periods of Heat Stress.** Dairy Update Issue 125, February, 1997.
- LÓPEZ-GATIUS, F. Is fertility declining in dairy cattle? **A retrospective study in northeastern Spain.** *Theriogenology*. 2003. 60: 89-99

- MARTELLO, L.S. **Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações.** Pirassununga 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.
- MATARAZZO, V.S. **Eficiência do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo em Confinamento do Tipo *Freestall* para Vacas em Lactação.** 2004 (Tese de Doutorado – ESALQ/USP)
- MORAIS, D.A.E.F; SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C; LIMA, P.O.; GUILHERMINO, M.M. **Níveis plasmáticos de hormônios tireoideanos de vacas leiteiras em ambiente quente e seco.** Anais da 40^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2003. CD-ROM. Santa Maria, RS.
- NEIVA, S, R. **Produção de Bovinos Leiteiros.** Lavras: UFLA-1998/ 534 p.
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos animais domésticos.** 2^a edição Editora Sulina / Porto Alegre – RS. 1982
- NÄÄS, I.A., ÁRCARO JUNIOR, 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
- OLIVEIRA JÚNIOR, C.A., LOPES, B.L., LANA, Q.M.A., LEITE, C.R. **Influência climática na eficiência reprodutiva de um rebanho de corte mestiço zebu no extremo sul da Bahia.** Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 2005. Goiânia, GO. Anais: Resumos.
- PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal.** Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005

- PERISSINOTO, M. **Avaliação da Eficiência Produtiva e Energética de Sistemas de Climatização em Galpões tipo *Freestall* para Confinamento de Gado Leiteiro.** 2003 (Dissertação de Mestrado – ESALQ/USP)
- PIMENTEL, G.P. **Consumo de Matéria Seca e Nutrientes, Produção de Leite e Indicadores de Estresse Térmico de Vacas Pardo-Suíço Alimentadas com Diferentes Níveis de Castanha de Caju no Semi-Árido.** 2002 (Dissertação de Mestrado - UFC)
- RIVIER, C., RIVEST, S. **Effect of stress on the activity of the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axis: Peripheral and Central Mechanisms.** *Biology of Reproduction.* 45, 523-532, 1991.
- RYAN, P.D., PRICHARD, F.J., KOPEL, E., GODKE, A.R. **Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year.** *Theriogenology.* 1993. 39(3):719-37
- SILVA, G.R. **Introdução à Bioclimatologia Animal.** São Paulo - Ed.: Nobel 2000.
- SILVA, O.J.I. ; PANDORFI, H.; ARCARO, I; PIEDADE, S.M.S; MOURA, J.D. **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
- STOKES, S. **Is Your Dairy Management Program Ready for the Summer Heat?** Texas Agricultural Extension Service. 1998.
- THOM, E.C. **The discomfort index Weatherwise.** 1959. 60:12-57
- THOMPSON, A.J., MAGEE, D.D., TOMASZEWSKI, A.M., WILKS, L.D., FOURDRAINE, H.R. **Management of Summer Infertility in Texas Holstein Dairy Cattle.** *Theriogenology.* 1996. 46: 547-558

- TITTO, E. A. L. ; VELLOSO, L. ; ZANETTI, M. A. ; CRESTA, A. ; TOLEDO, L. A. ; MARTINS, J. H. **Teste de tolerância ao calor em novilhos Nelore e Marchigiana.** Revista Portuguesa de Zootecnia, Vila real/Portugal, v. 5, n. 1, p. 67-70, 1998.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras.** Ed. Nobel – SP. 1ª Ed. - 7ª reimpressão. 1992.
- WEST, W.J. **Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow.** J. Anim. Sci. V. 77, suppl. 2/J, p. 21-35, 1999.
- WEST, W.J, HILL, M.G., FERNANDEZ, M.J., MANDEBVU, P., MULLINIX, G.B. **Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather.** *J. Dairy Sci.*, 1999b. 82: 2455-2465
- WILSON, J.S., KIRBY, J.C., KOENIGSFELD, T.A., KEISLER, H.D., LUCY, C.M. **Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of in Dairy Cattle. 2. Heifers.** *J. Dairy Sci.* 81: 2132-2138, 1998a
- WILSON, J.S., MARION, S.R., SPAIN, N.J., SPIERS, E.D., KEISLER, H.D., LUCY, C.M. **Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows.** *J. Dairy Sci.* 81: 2124-2131, 1998b
- YAGLOU, CP, MINARD, D. **Control of heat casualties at military training centers.** *Amer.Med.Assoc. Archs.Ind.Health* 16:302-316, 1957