



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA  
AFRO-BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL**

**CURSO DE AGRONOMIA**

**TERMOTOLERÂNCIA DE VACAS LEITEIRAS NO SEMIÁRIDO**

**ANTÓNIO FERNANDO DE BARROS PEREIRA PINTO**

Redenção-CE

2016

ANTÓNIO FERNANDO DE BARROS PEREIRA PINTO

**TERMOTOLERÂNCIA DE VACAS LEITEIRAS NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia

Orientadora: Profa. Dra. Maria Gorete Flores Salles

Redenção-CE

2016

**Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira  
Direção de Sistema Integrado de Bibliotecas da UNILAB (DSIBIUNI)  
Biblioteca Setorial Campus Liberdade  
Catalogação na fonte**

**Bibliotecário: Gleydson Rodrigues Santos – CRB-3 / 1219**

- 
- P726t Pinto, António Fernando de Barros Pereira.  
Termotolerância de vacas leiteiras no Semiárido / António Fernando de Barros Pereira Pinto. – Redenção, 2015.  
50 f.; 30 cm.  
Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – UNILAB.  
Orientadora: Profa. Dra. Maria Gorete Flores Salles.  
Inclui Tabelas e Referências.  
1. Bovino de leite. 2. Vacas leiteiras - Termotolerância. 3. Estresse térmico. I. Título.

CDD 636.214200855

---

ANTÓNIO FERNANDO DE BARROS PEREIRA PINTO

**TERMOTOLERÂNCIA DE VACAS LEITEIRAS NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia

Aprovada em: 12/08/2016

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Gorete Flores Salles  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Orientadora

---

Prof. Dr. Ciro de Miranda Pinto  
Universidade da Integração  
Internacional da Lusofonia Afro-  
Brasileira  
Co-orientador

---

Doutorando Aderson Martins Viana  
Neto  
Universidade Federal do Ceará  
Examinador

Aos meus pais, **Olga e António**, por me apoiarem sempre.

Aos meus irmãos, **Ivandro e Patrícia**, por estarem sempre ao meu lado.

***DEDICO***

## AGRADECIMENTOS

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), por me acolher e ensinar.

A Fazenda Bom Sucesso e a Fazenda Criancó, ambas situadas no município de Barreira, estado do Ceará, por me permitir trabalhar e usar os animais.

A professora e orientadora Maria Gorete Flores Salles, pela confiança, dedicação, paciência, incentivo, ensinamento entusiasmo na execução deste trabalho.

Ao professor Ciro de Miranda Pinto pela co-orientação, disposição, paciência, incentivo e pelos ensinamentos, estando sempre à disposição.

Ao irmão Chico, engenheiro agrônomo Francisco de Assis Costa Araújo, por me deixar trabalhar e usar os seus animais, sempre com muita disposição.

Ao ex-prefeito municipal de Barreira, senhor Ernani de Almeida Jacó e ao engenheiro agrônomo Brunilo Jacó.

A todos os colegas da Agronomia 2011.1, que mesmo diante de dificuldades nos mantivemos sempre unidos e seguros.

Aos professores do Instituto de Desenvolvimento Rural, pelos ensinamentos e me ajudarem a chegar até aqui.

A minha família que mesmo estando longe sempre me apoio e me deu forças para continuar a estudar e buscar os meus objetivos.

A todos os amigos que fiz, e que de uma maneira se tornaram uma nova família, pelos bons momentos vividos neste período e apoio.

A Deus pela vida e por me fortalecer nos momentos mais difíceis me dando força para vencer os obstáculos surgidos.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Três colorações de pelagens de vacas mestiças em lactação	32
Figura 2. Termohigrômetro digital infravermelho	33
Figura 3. Termômetro digital infravermelho	33
Figura 4. Coleta da temperatura superficial da cabeça	34
Figura 5. Coleta da temperatura superficial do pescoço	35
Figura 6. Coleta da temperatura superficial do tórax	35
Figura 7. Coleta da temperatura superficial do úbere	35
Figura 8. Índice de temperatura e umidade	37
Figura 9. Produção de leite e ordem de parto das pelagens branca, vermelha e preta das vacas mestiças ( <i>Bos taurus X Bos indicus</i> ) lactantes no período de transição chuvoso-seco do semiárido cearense	40

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Médias, máximas e mínimas de temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU) do período de transição chuvoso-seco do ano de 2016, durante coleta de dados fisiológicos de vacas mestiças (*Bos taurus X Bos indicus*) em lactação, no município de Barreira – CE. 36
- Tabela 2. Médias dos dados fisiológicos das pelagens branca, vermelha e preta das vacas mestiças (*Bos taurus X Bos indicus*) lactantes no período de transição chuvoso-seco do semiárido cearense. 38

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CTR	Carga Térmica de Radiação
FR	Frequência Respiratória
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
PS	Pressão de Saturação
PV	Pressão Parcial de Vapor
TA	Temperatura Ambiente
TS	Temperatura Superficial
TSC	Temperatura Superficial da Cabeça
TSP	Temperatura Superficial do Pescoço
TST	Temperatura Superficial do Tórax
TSF	Temperatura Superficial do Flanco
TSU	Temperatura Superficial do Úbere
UR	Umidade Relativa do Ar

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Parâmetros climáticos	15
2.1.1 <i>Temperatura do ar (TA)</i>	15
2.1.2 <i>Umidade relativa do ar (UR)</i>	16
2.1.3 <i>Radiação solar</i>	17
2.1.4 <i>Índice de temperatura e umidade (ITU)</i>	17
2.2 Parâmetros fisiológicos	19
2.2.1 <i>Frequência Respiratória (FR)</i>	19
2.2.2 <i>Temperatura superficial (TS)</i>	20
2.3 O semiárido	21
2.3.1 <i>Produção de bovinos leiteiros no semiárido</i>	21
2.4 Mecanismos de perda de calor – Termólise	23
2.4.1 <i>Mecanismos sensíveis</i>	23
2.4.2 <i>Mecanismos latentes</i>	24
2.5 Homeotermia e regulação da temperatura corporal	25
2.6 Estresse térmico	26
2.6.1 <i>Estresse térmico e produção de leite</i>	27
2.6.2 <i>Estresse térmico e reprodução</i>	28
2.6.3 <i>Estratégias para amenizar os efeitos do estresse térmico</i>	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5 CONCLUSÃO	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

## RESUMO

O trabalho ocorreu durante o período de transição chuvoso-seco do ano de 2016, no município de Barreira, região do Maciço de Baturité, no estado do Ceará, com o objetivo de avaliar a susceptibilidade ao estresse térmico de vacas mestiças leiteiras (*Bos taurus x Bos indicus*), criadas em clima tropical quente, no semiárido. Foram utilizadas 22 fêmeas em lactação divididas em três grupos de acordo com a cor da pelagem (branca, vermelha e preta) com a coleta simultânea de dados climáticos e fisiológicos, uma vez por semana. Os dados climáticos de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) foram obtidos por termohigrômetro para calcular o índice de temperatura e umidade (ITU). Os dados fisiológicos coletados foram a temperatura superficial (TS) e a frequência respiratória (FR). As temperaturas da superfície da cabeça, pescoço, tórax, flanco e úbere foram obtidas com um termômetro digital a laser, onde se observou a a temperatura superficial (TS) das vacas. A frequência respiratória (FR) foi obtida por avaliação visual, onde foram observados os movimentos do flanco do animal, contando-se durante 15 segundos e, o valor obtido foi multiplicado por 4, perfazendo o total de um minuto com o resultado expresso em movimentos por minuto (mov/min). Os resultados do ITU (entre 78 e 83) mostram que ocorreram muitas situações de estresse térmico de moderado a severo. Vacas com pelagem vermelha absorveram menor radiação térmica do que as de pelagens branca e preta e houve aumento da frequência respiratória em animais de pelagem preta, que absorveram mais calor do ambiente do que os de pelagem branca e vermelha ( $P < 0,05$ ), como uma forma de manter a homeotermia. Vacas leiteiras mestiças de pelagem branca e vermelha são termotolerantes ao clima da região semiárida do Nordeste brasileiro.

**Palavras-chave:** estresse térmico; vacas leiteiras; semiárido

## ABSTRACT

The experiment took place during rainy-dry transition of 2016, at Barreira, region of Maciço de Baturité, Ceará state, where the objective was to evaluate heat stress susceptibility in crossbred dairy cows (*Bos taurus* x *Bos indicus*), raised in dry tropical climate of semiarid. It were used 22 lactating cows divided into three groups according to coat color (white, red and black) with the simultaneous collection of climatic and physiological data once a week. The climatic datas ambient temperature (AT) and relative humidity (RH) were obtained by thermohygrometer to calculate the temperature-humidity index (THI). The physiological data collected were the surface temperature (ST) and respiratory rate (RR). The surface temperature of the head, neck, thorax, flank and udder were obtained with a digital thermometer with laser and seen the surface temperature (ST). The respiratory rate (RR) of each cow was obtained by visual assessment, where the animal's flank movements were observed, counting for 15 seconds, the value was multiplied by 4, for a total of one minute with the result expressed in breaths/minute. The results of THI (between 78 e 83) shows that occurred many situations of heat stress situations of moderate to severe. Cows with red coat absorb less heat radiation than the black and white coats, and there was the increase in respiratory rate in black coat animals, which absorbed more environmental heat than white and red coat ( $P < 0.05$ ), as a mechanism to maintaining homeothermy. Dairy cows of white and red coat are thermotolerant climate of semiarid region of Northeast Brazil

**Keywords:** heat stress; dairy cows; semiarid

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por melhores índices de produtividade leva muitos produtores de regiões tropicais a optar pela introdução de animais especializados oriundos de regiões de clima temperado que são pouco adaptados às condições de clima quente. Nesse processo, a utilização destes grupos genéticos, potencialmente mais produtivos, pode desencadear alterações comportamentais, endócrinas e fisiológicas que irão afetar a homeostase dos animais (MORAIS *et al.*, 2003), bem como, a produção de leite. Estes genótipos são mais exigentes com relação a práticas de manejo, sendo susceptíveis ao estresse térmico.

A opção seria realizar o cruzamento entre animais de raças leiteiras europeias com bovinos indianos, animais adaptados ou tolerantes às condições encontradas nas regiões quentes, para aumentar o potencial de produção leiteira nos trópicos (WEST, 2003). A maior resistência dos zebuínos ao calor deve-se as suas características anatomofisiológicas de adaptação aos trópicos, especialmente, a maior capacidade de sudorese, enquanto que, os europeus são mais produtivos apenas em ambientes de clima temperado. Assim, ao longo de décadas, os criadores brasileiros têm combinado as características desejáveis das raças bovinas europeias e zebuínas pela produção de animais mestiços, geralmente utilizando as raças Holandesa e Gir (AZEVEDO *et al.*, 2005).

As condições climáticas podem ser determinantes para a produção de leite e, quando as fêmeas bovinas estão sob condição de estresse térmico têm seu potencial produtivo comprometido, induzindo mudanças metabólicas como elevação de perdas energéticas pela redução do consumo alimentar, com os animais ingerindo uma menor quantidade de matéria seca, para diminuir a produção de calor; elevação dos parâmetros fisiológicos como temperatura retal, frequência respiratória e cardíaca, o que altera a produção de leite e a reprodução (AZEVEDO & ALVES, 2009).

O estresse térmico influencia ainda, no comportamento, atividades físicas, postura corporal e na busca dos animais por sombra e água. Segundo West (1999) o efeito combinado de temperatura ambiente elevada e alta umidade relativa do ar, reduz a produção de leite de vacas em lactação por decréscimos na ingestão de matéria seca. Neiva *et al.* (2004) também consideram que animais submetidos a

ambientes desfavoráveis, podem sofrer alterações no consumo, resultando em queda de produtividade.

A pele protege o organismo do calor e do frio, e sua temperatura depende, principalmente, das condições ambientais, como temperatura ambiente, umidade relativa do ar e vento, e das condições fisiológicas, como a vascularização e a evaporação do suor. Em temperaturas amenas, os animais dissipam calor sensível para o ambiente através da pele, por radiação, condução e convecção. Em estresse térmico, e os animais começam a perder calor latente por evaporação, seja por sudação e pela respiração (SILVA, 2015).

A capacidade dos animais de produção em eliminar o excesso de calor corporal para o meio ambiente, depende entre outros fatores das características do pelo, principalmente a cor e sobretudo das variáveis ambientais (temperatura ambiente, umidade relativa do ar, radiação solar e vento). Segundo Maia *et al.* (2005), a cor da pelagem tem sido relacionada com a quantidade de radiação solar que é absorvida, enquanto que as propriedades físicas do revestimento como, o número de pelos por unidade de área, o comprimento, o diâmetro e a espessura são uma parte importante do isolamento térmico, que influencia as perdas de calor sensível e latente a partir da superfície da pele para a superfície do revestimento.

Em ambiente tropical, saber das características termorreguladoras de bovinos leiteiros é importante, uma vez que a predominância de temperatura ambiente elevada pode alterar o equilíbrio térmico, com maior gasto energético para manter a homeotermia prejudicando os processos produtivos. Para a região semiárida do Nordeste brasileiro, a atividade da pecuária bovina leiteira é importante, sendo necessário conhecer a interação entre os animais e o ambiente, para que as decisões quanto aos animais que serão criados em clima quente objetivem uma produção pecuária de forma sustentável.

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar a influência da cor do pelame de vacas leiteiras lactantes e mestiças, para oferecer ao pequeno produtor, uma maneira simples de escolha dos animais mais tolerantes ao calor do semiárido a fim de garantir uma produção sustentável.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Parâmetros climáticos

Os seres vivos 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 não comprometer seu desenvolvimento. Nas regiões tropicais as temperaturas do ambiente são elevadas e quando associadas a alta umidade relativa do ar os animais ficam fora da zona de termoneutralidade, trazendo problemas à atividade pecuária (ROCHA *et al.*, 2012a).

A maior produtividade de um animal ocorre quando o mesmo está em homeostase, para tanto, há vários indicativos que podem caracterizar o bem-estar e o conforto térmico do animal, determinados por meio dos elementos climáticos (MARTELLO *et al.*, 2004).

#### 2.1.1 Temperatura do ar (TA)

A temperatura do ar é o elemento climático que mais impõe desconforto térmico aos animais (Mc DOWELL *et al.*, 1976), sendo importante quando se trata da produção pecuária, tendo em vista que ela pode afetar os animais fazendo com que os mesmos tenham mudanças comportamentais prejudicando o seu metabolismo e conseqüentemente sua produção.

A temperatura do ar é uma unidade de medida que quantifica a agitação de moléculas de ar quando a radiação solar atinge a superfície da terra. Quanto maior a agitação das moléculas, maior será a unidade de temperatura. Na mensuração dessa grandeza são utilizados os termômetros analógicos ou digitais de bulbo seco (SILVA, 2008).

Na produção animal, o conhecimento das variações extremas dos valores da temperatura 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 decurso do dia e do ano promovendo alterações diárias e anuais na temperatura do ar (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992). Salienta-se que é importante conhecer as temperaturas médias, máximas e mínimas da

região, de tal forma que se saiba qual o grupo genético animal poderá se adaptar melhor ao local e, que tipo de material será usado nas instalações.

A temperatura do ar exerce uma ação acentuada sobre os animais homeotérmicos, ou seja, aqueles animais que têm a capacidade de controlar sua temperatura corporal dentro de uma faixa estreita, porém existem limites para o intervalo da temperatura, para os quais os animais homeotérmicos podem manter a sua homeotermia. Dentro da ampla faixa de temperatura, podem ser definidas zonas térmicas que proporcionam maior ou menor conforto ao animal. Os animais para terem máxima produtividade, dependem de uma faixa de temperatura adequada, também chamada de zona de conforto térmico, em que não há gasto de energia ou atividade metabólica para aquecer ou esfriar o corpo (NEIVA *et al.*, 2004).

### 2.1.2 Umidade relativa do ar (UR)

A umidade relativa do ar é a razão entre a pressão parcial de vapor ( $P_v$ ), exercida pelas moléculas de água presentes no ar, e a pressão de saturação ( $P_s$ ), na mesma temperatura, sendo normalmente expressa em porcentagem (LOPES, 2009). Em termos simplificados significa 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, pelo fato de que a umidade relativa do ar apresenta um curso diário inverso ao da temperatura do ar (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992).

A umidade relativa do ar tem importância relevante quando a temperatura ambiente supera o valor máximo de conforto para o animal (temperatura crítica superior), pois o ambiente saturado inibe a evaporação da água através da pele e do trato respiratório (FERRO *et al.*, 2010). Ela exerce grande influência sobre os animais afetando o seu bem-estar e conseqüentemente, a sua produtividade. A umidade relativa em conjunto com a temperatura exerce papel importante na

dissipação de calor pelos animais e compõem o índice de temperatura e umidade – ITU (BURFEIND *et al.*, 2012).

### 2.1.3 Radiação solar

A radiação é a transferência de energia térmica através de ondas eletromagnéticas, que constituem uma fração do espectro eletromagnético, a qual se estende desde o final da faixa de luz visível até o início da faixa de micro-ondas. A principal fonte de radiação é o sol, sendo que da quantidade total de radiação solar que penetra a atmosfera, 30% é refletida pelas nuvens, 33% absorvida ou dispersa na atmosfera e 6% refletida pelas superfícies, restando 31% para ser absorvida pelas superfícies (SILVA, 2000).

A radiação solar se divide em química, luminosa e térmica que nos animais se degrada em calor, depois de absorvidas em intensidades variadas segundo a cor do pigmento do pelo e grau de pigmentação da pele. Os bovinos tropicais têm pele escura assim podem superar os perigos da radiação ultravioleta, pois tem geralmente uma abundante secreção sebácea na pele que se estende sobre o pelo e atua como um filtro ultravioleta (MEDEIROS & VIEIRA, 1997).

A radiação solar juntamente com a temperatura do ar e a umidade relativa do ar configuram elementos climáticos que podem diminuir a produção pecuária pois deixam os animais estressados acarretando em diminuição da produtividade e reprodução.

### 2.1.4 Índice de temperatura e umidade (ITU)

O ambiente em que os animais estão submetidos pode ser classificado pelos índices bioclimáticos, que expressam o conforto que o animal possui em determinadas condições e, os resultados desses índices possibilitam uma avaliação mais precisa da situação do ambiente e a comparação de resultados zootécnicos com animais de diferentes regiões (FERREIRA *et al.*, 2006).

Neste contexto, diversos índices do ambiente térmico têm sido desenvolvidos, englobando em um único parâmetro o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente (YANAGI JUNIOR, 2006). Dentre os mais simples, aqueles que envolvem um menor número de variáveis, o índice de temperatura e umidade (ITU)

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

O índice de temperatura e umidade, que utiliza a associação da umidade relativa do ar e a temperatura do ar, propicia um excelente indicador de conforto térmico (AZEVEDO *et al.*, 2005). O estudo e análise deste índice são importantes nas regiões produtoras de leite, pois auxilia na indicação de conforto e desconforto térmico em que os animais estão submetidos, podendo auxiliar os produtores na escolha de meios mais propícios para o acondicionamento térmico dos bovinos, tendo em vista que, quando os animais estão fora da zona de conforto baixam a sua produção, alteram o comportamento e se estressam.

O ITU consiste numa fórmula proposta por Thom (1958) que descreve a sensação de conforto térmico dos animais,  $ITU = (0,8 \times TA + (UR/100) \times (TA - 14,4) + 46,4)$ , onde TA: temperatura do ar (°C) e UR: umidade relativa do ar (%). É o índice mais utilizado pelos pesquisadores pela simplicidade e facilidade de execução.

As respostas dos animais ao estresse térmico variam de forma específica e são de natureza fisiológica e comportamental. O uso de um índice de conforto para uma espécie animal deve considerar as características do animal, o sistema de criação e os elementos meteorológicos envolvidos (BARRETO *et al.*, 2012).

As interpretações destes índices variam entre autores (BUFFINGTON *et al.*, 1982), contudo Pires & Campos (2004), sugerem a seguinte classificação para o ITU:

- *Menores ou iguais a 70*: Normal (os animais encontram-se numa faixa de temperatura e umidade ideal para seu desempenho produtivo);
- *70 a 72*: Alerta (as condições climáticas estão no limite para o bom desempenho produtivo);

- 73 a 78: Alerta e acima do índice crítico para produção de leite (nesta faixa o desempenho produtivo está comprometido);
- 79 a 82: Perigo (as funções orgânicas dos animais estão comprometidas);
- *Acima de 82*: Emergência (providências devem ser tomadas).

Embora o ITU seja o índice mais utilizado, ele pode não descrever completamente o nível de estresse térmico em ambientes tropicais, pois desconsidera fatores importantes como: aclimação e nível de produção do animal, resfriamento pela movimentação do ar (velocidade do vento) e proporção de calor absorvido pelos animais pela radiação solar (TITTO, 2010).

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. (ROCHA *et al.*, 2012a).

## **2.2 Parâmetros fisiológicos**

É sabido que o clima exerce efeito sobre o comportamento e bem-estar animal e, conseqüentemente, sobre a produtividade sendo um fator regulador da exploração animal (ARIAS, 2008).

### *2.2.1 Frequência Respiratória (FR)*

Como forma de manter a homeotermia e diminuir o estresse devido ao calor os animais aumentam a sua frequência respiratória. A avaliação da frequência respiratória auxilia no estudo da capacidade do animal em resistir ao estresse térmico (MULLER *et al.*, 1994) sendo usada como parâmetro para medir esse estresse; se a FR for alta, pode ser uma maneira eficiente de perder calor por curtos períodos, mas caso seja mantida por várias horas, poderá interferir na ingestão de alimentos e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia ser utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (SOUZA *et al.*, 2010).

A perda de calor pelo trato respiratório, assim como pela pele, implica em um processo de mudança de estado físico, de líquido para vapor, o que ocorre com o ar umedecido nas vias respiratórias superiores, assim como o suor. Tal processo se torna possível devido ao calor latente de vaporização. O gasto de energia despendido pelas vacas para eliminar calor do corpo, principalmente pelo aumento da FR e, também, pelo trabalho das glândulas sudoríparas para produzir mais suor, é um dos fatores que explicam a menor produção de leite sob estresse térmico, pois parte da energia do organismo é desviada do processo produtivo para a manutenção do equilíbrio fisiológico (BACCARI JÚNIOR, 2001).

As medidas normais da frequência respiratória em bovinos adultos variam de 24 a 36 movimentos respiratórios por minuto (mov/min), mas podem ter uma maior amplitude entre 12 e 36 mov/min (TERRA, 2006).

### *2.2.2 Temperatura superficial (TS)*

A temperatura da superfície corporal depende, principalmente, das condições ambientais de umidade relativa do ar, temperatura ambiente e velocidade do vento e, das condições fisiológicas como vascularização e evaporação pelo suor. Assim, contribui para manter a temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente em temperaturas amenas.

Os animais dissipam calor para o ambiente através da pele por radiação, condução e convecção, ou seja, por perda de calor sensível. Sob condições de estresse pelo calor, as perdas sensíveis diminuem e a evaporação torna-se o principal processo de perda de calor. A medida em que a temperatura ambiente aumenta a eficiência da perda de calor sensível através da superfície da pele diminui, em razão do menor gradiente de temperatura existente entre a pele do animal e o ambiente. Nessa situação, o animal pode até certo ponto manter a temperatura corporal por meio da vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele, no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir, o animal passa a depender da perda de calor por evaporação através da respiração e ou sudorese (SOUZA *et al.*, 2010).

Segundo Baccari Júnior (2001), quando a temperatura da pele é mais elevada que a do ambiente, o organismo cede calor às moléculas de ar, dando início a uma troca térmica. Quando a temperatura do ambiente onde a vaca se encontra diminui,

o animal dissipará mais calor, resfriando a sua temperatura corporal, o que explica a diminuição da temperatura da cabeça, dorso e glândula mamária verificada nos animais submetidos ao tratamento ventilação forçada e aspersão na sala de espera (ARCARO JÚNIOR *et al.*, 2005).

Animais mantidos à pasto sem sombreamento absorvem mais radiação solar e tem a temperatura superficial mais elevada (aumento de 0,9°C), comparando-se com animais em sombreamento (NAVARINI *et al.*, 2009).

### **2.3 O semiárido**

O semiárido do Nordeste brasileiro tem como mais importante fração da produção animal a criação de ruminantes, com predominância de animais mestiços, utilizados para produção de leite e carne.

O estado do Ceará apresenta uma diversidade de climas como o quente e úmido, semiárido úmido nas regiões litorâneas, bem como, o semiárido que também é um clima típico das regiões mais secas do Nordeste brasileiro, onde a temperatura média anual é de 27°C e pluviosidade média inferior a 800 mm/ano (FUNCEME, 2016).

#### *2.3.1 Produção de bovinos leiteiros no semiárido*

A atividade da bovinocultura leiteira desenvolvida no semiárido nordestino, na sua grande maioria, é composta por estabelecimentos familiares, com baixo nível de inovação tecnológica e sazonalidade da produção, em função dos períodos chuvoso e seco ao longo do ano. O regime de criação animal predominante são o extensivo e o semi-intensivo, no qual os animais utilizam a vegetação nativa do bioma caatinga para sua manutenção e produção.

No sistema extensivo é baixo o investimento em instalações, tendo o suporte alimentar baseado em pastos nativos e suplementação concentrada e mineral, além de baixo controle reprodutivo e sanitário o que conduz à baixa produtividade de leite por animal. No sistema semi-intensivo os animais são mais controlados pelo criador, é fornecido suplementação de volumoso e concentrado no cocho, comumente, no período seco ou durante todo o ano, os animais passam parte do dia estabulados e, existe uma preocupação na melhoria do suporte forrageiro com a implantação de

áreas para produção de volumosos sob irrigação e enriquecimento de pastos nativos; há melhor controle sobre os aspectos sanitário e reprodutivo e, nestas condições, os índices produtivos são melhores em relação ao sistema extensivo (GALVÃO JÚNIOR, 2012).

O estado do Ceará está situado na região nordeste do Brasil e a maior parte dos criatórios de gado leiteiro é formada por animais mestiços resultante do cruzamento das raças Holandesa e Gir, denominadas de Girolando, criados em clima semiárido onde predominam temperaturas elevadas com média anual em torno de 30°C, o que propicia a ocorrência de estresse térmico sobre os animais menos adaptados (COSTA, 2014).

Cerca de 60% do rebanho bovino mundial são criados em regiões tropicais, e dois terços do território brasileiro está situado nesta região, caracterizada por temperaturas elevadas, consequentes da alta incidência de radiação solar, condição tal que acomete a produção, devido a expor os animais a situações de estresse térmico (OLIVEIRA, 2013).

Animais leiteiros são muito sensíveis aos altos níveis de radiação solar, que pode superar em duas a três vezes o calor interno produzido durante o momento ao qual ficam expostos aos raios solares durante parte do dia, assim, procuram pastejar principalmente no início da manhã, final da tarde e durante a noite, procurando manter-se à sombra nas horas mais quentes do dia (AZEVEDO & ALVES, 2009).

A combinação de elevadas temperaturas ambiente e alta radiação solar ao longo do ano representa um desafio para o conforto térmico de vacas leiteiras em regiões tropicais. Essas condições climáticas modificam o equilíbrio térmico do animal, provocando mudanças nas respostas fisiológicas e comportamentais, ocasionando uma diminuição na produtividade dos sistemas de produção de leite em áreas de clima tropical (DOMINGOS *et al.*, 2013). 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 termorregular neste ambiente e varia conforme o tipo de exploração e a composição racial do rebanho (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2005).

O potencial de produção de vacas leiteiras de determinada raça ou grupo genético relaciona-se diretamente com seu grau de adaptação a um ambiente específico (RUAS *et al.*, 2014). Vacas da raça Holandesa têm sua produção

reduzida a partir de 24°C, a Suíça e a Jersey a partir de 27°C e as Zebuínas acima de 32°C (RASGDALE, 1961).

## 2.4 Mecanismos de perda de calor – Termólise

O processo de termólise (perda de calor) em que ocorrem as trocas de energia na forma de calor, entre o animal e o ambiente externo, pode ser de forma sensível ou latente. As trocas de calor sensível, por condução, convecção e radiação, são determinadas por fluxo de calor causado por gradientes de temperatura. Os fluxos de calor latente são causados por gradientes de pressão de vapor d'água, através da evaporação (VILELA, 2008).

Em ambientes com clima temperado a temperatura do ar e a pressão de vapor encontram-se abaixo dos valores equivalentes ao do corpo do animal, que facilmente elimina energia térmica para o ambiente por convecção, evaporação e radiação. Em ambientes com clima tropical, a temperatura do ar excede a temperatura corporal e a termólise por convecção é prejudicada e, se a região for úmida, elevados níveis de pressão de vapor do ar dificultam a evaporação cutânea e a respiratória promovendo estresse térmico (PEREIRA, 2005).

Para manter a temperatura corporal ao longo do dia, deve haver um equilíbrio entre a termogênese (produção de calor) e a termólise (perda de calor). A produção de calor no organismo dos animais (termogênese) pode ocorrer pela ingestão de alimentos e o calor metabólico, na atividade muscular, prenhez e lactação (MÜLLER, 1982).

### 2.4.1 Mecanismos sensíveis

**a) Radiação:** é a transferência do calor do animal para o meio ambiente através de ondas eletromagnéticas.

Para evitar o maior ganho de calor por radiação solar, é necessário o fornecimento de sombra, seja ela natural ou artificial. Vacas leiteiras na época do verão mostram preferências por locais sombreados, os quais fornecem maior proteção contra a radiação solar (SCHUTZ *et al.*, 2009).

**b) Condução:** ocorrem por meio do contato físico do corpo do animal com uma temperatura inferior de alguma superfície, sendo que, para bovinos de leite, a

ocorrência mais comum dessas trocas é por meio de lagoas, barro ou piso cimentado (SOUZA, 2003).

A condução térmica representa o mecanismo de transferência de energia cinética pela movimentação das moléculas de elétrons. Estas moléculas passam de uma zona de temperatura elevada para outra de temperatura menos elevada. No caso dos animais, essa transferência ocorre do centro para a epiderme do mesmo, e desta para o meio que o rodeia (SILVA, 2000). A condução é a forma de troca de calor sensível que tem menos contribuição no processo de termólise pelo animal, por necessitar de contato com uma superfície de temperatura inferior (HARDY, 1981).

**c) Convecção:** é uma forma de transferência de calor do animal para o ambiente, na qual o ar, em contato com a superfície aquecida (epiderme), é aquecido, e como o ar quente é menos denso, sobe, sendo substituído por um ar mais frio, o que causa pequenas correntes convectivas próximas à superfície da pele, mantendo assim um gradiente de temperatura entre a pele e o ar (KADZERE *et al.*, 2002). Através da convecção ocorrem às trocas de calor tanto interna como externamente, por meio da circulação do sangue e da movimentação do ar (TEIXEIRA, 2000). A convecção aumenta com a aceleração do ritmo respiratório.

#### 2.4.2 Mecanismos latentes

**a) Evaporação:** é a troca de calor através da mudança de estado da água de líquido para gasoso, este processo também é carreador de calor para fora do corpo do animal. O ar inspirado, em contato com a umidade dos alvéolos pulmonares e das paredes dos condutos respiratórios, acarreta a sua evaporação, e como o ar expelido é quase saturado de vapor de água, contribui para que haja perda de calor. Quando a capacidade do aparelho termorregulador não é suficiente para evitar a elevação da temperatura corporal, o animal tende a acelerar o ritmo respiratório (MEDEIROS & VIEIRA, 1997).

Quando um animal está em ambiente térmico estressante, à medida que a temperatura corporal dele se aproxima da temperatura do ambiente, as trocas de calor sensível deixam de ser efetivadas no balanço homeotérmico, pois o gradiente

de temperatura torna-se pequeno, reduzindo sua eficácia, havendo necessidade de utilização das trocas de calor latente (BAËTA & SOUZA, 2010).

Em ambientes com temperaturas elevadas, acima da zona de conforto térmico, a evaporação torna-se o principal mecanismo de dissipação do calor, correspondendo a 80% das perdas, sendo a ofegação e a sudação as formas evaporativas utilizadas nesta transferência de calor. A perda de calor ocorre na conversão para vapor, tanto do suor secretado pelas glândulas da pele quanto da umidade proveniente do aparelho respiratório. Quanto maior a umidade relativa, menor será o gradiente de pressão de vapor e isso reduz a eficiência evaporativa, diminuindo a evaporação da água pela pele e respiração (ALMEIDA *et al.*, 2011).

Segundo Façanha *et al.* (2013), as perdas de calor por evaporação em bovinos ocorrem principalmente através da epiderme, respondendo por cerca de 85% das perdas de calor latentes, sendo o restante perdido através da evaporação respiratória.

## **2.5 Homeotermia e regulação da temperatura corporal**

Os ruminantes são animais homeotermos e apresentam funções fisiológicas para a manutenção da temperatura do núcleo corporal constante. Dentro de determinada faixa de temperatura ambiente, denominada zona de conforto ou de termoneutralidade, a homeotermia ocorre com mínima mobilização dos mecanismos termorreguladores. Nessa situação, o animal não sofre estresse por calor ou frio e não ocorre desgaste, além de promover melhores condições de saúde e de produtividade (NÄÄS, 1989).

No metabolismo animal, a homeotermia aparece como prioridade à frente das funções produtivas, desta forma, um dos pontos comprometidos devido ao estresse térmico são a produção leiteira e a reprodução. Assim, a adaptação genética e fisiológica ao ambiente é fundamental para que os animais consigam sobreviver ao estresse térmico. Neste contexto, animais com pelames escuros são mais sujeitos ao estresse térmico que os de coloração clara, por apresentar maior absorvidade da radiação solar, armazenando maior quantidade de energia térmica do que os animais com coloração clara, que apresentam maior refletividade, o que tem levado a maioria dos pesquisadores a aceitar a vantagem adaptativa dos pelames claros nos ambientes tropicais (SILVA FILHO, 2013).

O pelame ou capa externa das vacas é fundamental para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. Em regiões tropicais, o pelame tem como funções principais a proteção mecânica da epiderme e a proteção contra a radiação solar. Quando a temperatura do pelame ou a temperatura superficial for abaixo de 35°C, o gradiente de temperatura entre o organismo e o pelame é suficiente para o animal utilizar as quatro vias de troca de calor (BERTIPAGLIA *et al.*, 2008).

A pele protege o organismo do frio e do calor e sua temperatura depende, das condições de temperatura ambiente, umidade relativa do ar e características fisiológicas como vascularização e evaporação do suor. Desta forma, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente. Quando a temperatura da pele é mais elevada que a do ambiente, o organismo cede calor às moléculas de ar, dando início a uma troca térmica. Quando a temperatura do ambiente diminui, o animal dissipará mais calor, resfriando a sua temperatura corporal (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Para manter a temperatura corporal constante, os animais usam dos mecanismos sensíveis (radiação, condução e convecção) e dos latentes (evaporação) como forma de manter a homeotermia estável e não entrar em estresse térmico.

## **2.6 Estresse térmico**

Os animais entram em estresse térmico quando os fatores ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar) estão muito baixos ou elevados, fazendo com que os animais saiam da sua zona de conforto e necessitem ativar os seus mecanismos termorreguladores para manter a temperatura estável.

Fatores como disponibilidade de água, sombreamento, temperatura corporal do animal, comportamentos em condições de temperaturas diferentes, que afetam diretamente as trocas térmicas de calor sensível (condução, convecção cutânea e radiação) e as perdas de calor latente (evaporação cutânea) para o ambiente, podem levar o animal ao estresse térmico. Esse estresse ocorre caso o equilíbrio térmico entre o animal e o ambiente não for conseguido, o que pode ocasionar graves problemas, na produção e reprodução animal (NAVARINI, 2009).

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.

### 2.6.1 Estresse térmico e produção de leite

Animais em estresse térmico tem a sua produção de leite reduzida, tendo em vista que os animais começam a ter mais gasto de energia para manter a homeotermia do que para a produção de leite.

O estresse térmico sobre bovinos tem potencial comprometedor em suas atividades, esse fato acaba induzindo mudanças metabólicas (redução nas suas taxas/atividades), como aumento da frequência respiratória, elevação de perdas energéticas, redução do consumo alimentar e hídrico, consumo seletivo, os animais ingerem menor quantidade de matéria seca, diminuindo assim a produção de calor, altera o crescimento/desenvolvimento, a produção de leite e reprodução. Esse estresse age ainda no comportamento destes animais, atividades físicas, postura corporal e busca por sombra (AZEVEDO & ALVES, 2009).

O efeito combinado de elevadas temperaturas ambiente e umidade relativa do ar, reduz a produção de leite de vacas em lactação 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 (WEST, 1999).

Kano (1968), no Japão, relatou que a produção de leite de vacas Holandesas declinou em temperaturas do ar acima de 20°C. Mieschke *et al.* (1979) expuseram em uma câmara climática, durante 20 dias, vacas em ambiente com temperatura do ar de 30°C e 40% de umidade e observaram redução de 18% na produção de leite.

### 2.6.2 Estresse térmico e reprodução

O estresse térmico é o maior fator de decréscimo da função reprodutiva em vacas leiteiras, especialmente, durante períodos quentes. Isto pode ser explicado pelo fato de que a produção de calor metabólico de vacas em lactação leva a uma hipertermia e, a elevação da temperatura corporal, aliada a redução no apetite e no consumo de matéria seca prolonga o período de balanço energético negativo no pós-parto, resultando em uma expressão insatisfatória dos sinais de estro e causando infertilidade, aumentando assim o intervalo parto-concepção (De RENSIS & SCARAMUZZI, 2003).

Minimizar o impacto e a magnitude do estresse térmico na reprodução é uma maneira de reverter o declínio de fertilidade de vacas leiteiras (HANSEN, 2005), reduzindo os problemas de detecção de estro, a frequente mortalidade embrionária e melhorando a taxa de prenhez (HANSEN *et al.*, 2001).

O estresse térmico pode levar a desequilíbrios nos processos reprodutivos através de mecanismos gerais, onde as alterações na homeostase para regulação da temperatura corporal comprometem as funções reprodutivas. Tais alterações podem ser: a redistribuição do fluxo sanguíneo do centro do corpo para a periferia objetivando aumentar a perda de calor sensível e a redução do consumo de ração durante o estresse térmico para diminuir a produção de calor metabólico (TAKAHASHI, 2012). Essas mudanças promovem alterações no balanço energético e disponibilidade de nutrientes, comprometendo a ciclicidade, o estabelecimento de gestação e o desenvolvimento fetal (HANSEN, 2009).

Elevadas temperaturas associadas 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 (BARTOLOMEU *et al.*, 2005).

Além de causar infertilidade nos animais, o estresse térmico representa perdas econômicas em um sistema de produção de leite. Dentre os caminhos para obter melhorias nos índices reprodutivos, usualmente são realizadas modificações

no ambiente, proporcionando sombra e conforto térmico, além da genética animal por uso de raças mais tolerantes ao calor (ROCHA *et al.*, 2012b).

### 2.6.3 Estratégias para amenizar os efeitos do estresse térmico

Como forma de evitar que os animais saiam da sua zona de conforto e fiquem em estresse térmico podem ser adotadas medidas estratégicas para manter os animais na termoneutralidade e deste modo manter a produção de leite alta e a reprodução com baixas taxas de mortalidade.

#### a) Melhoramento Genético

Uma das estratégias para amenizar o os efeitos do estresse térmico é fazer o melhoramento genético, cruzando raças taurinas com animais de origem zebuína, pois segundo Torres (1981), o zebu tem uma capacidade termorreguladora muito acentuada consequente das seguintes capacidades:

1. Maior número de glândulas sudoríparas – suando mais, o suor faz baixar mais rapidamente a temperatura do corpo, quando o calor é intenso;
2. Superfície da pele maior, devido às barbelas e pregas, traz como consequência o aumento da área de evaporação do suor, contribuindo para o abaixamento da temperatura;
3. Pele escura absorvendo os raios solares, impedindo sua penetração e, portanto, a queimadura da pele;
4. Pêlos geralmente claros, refletindo esses mesmos raios solares e assim impedindo sua absorção;
5. Pêlos curtos, finos e assentados que facilitam a irradiação do corpo e a evaporação do suor.

No Brasil utiliza-se como estratégia de cruzamento a absorção da raça Holandesa através do cruzamento alternado simples com animais zebuínos, como os da raça Gir. O cruzamento consiste na alternância de raças paternas a cada geração, obtendo-se produtos como  $\frac{3}{4}$ . Holandês +  $\frac{1}{4}$ . Zebu e  $\frac{3}{4}$  Zebu +  $\frac{1}{4}$ . Holandês, ou cruzamento alternado modificado, o qual consiste na repetição de uma raça por mais de uma geração (Holandesa) e o retorno de outra (raça zebuína), com a obtenção de produtos como o  $\frac{7}{8}$  Holandês +  $\frac{1}{8}$  Zebu (FERRO *et al.*, 2010).

Para obter incremento de produtividade nas regiões tropicais onde a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar são elevadas, é necessário utilizar genótipos mais produtivos e oferecer um ambiente compatível com o requerimento do animal (FAÇANHA *et al.*, 2013).

### **b) Sombreamento natural e artificial**

Como forma de amenizar o calor são utilizados sistemas de climatização, em que os principais métodos são sombreamento natural ou artificial, ventilação, resfriamento do ar a partir da aplicação de gotículas de água, e sistemas de aspersão e nebulização seguidos de ventilação (BARBOSA *et al.*, 2004).

O sombreamento natural consiste de manter no pasto árvores que propiciem sombra aos animais, fazendo com que os mesmos não fiquem expostos diretamente para o sol. A sombra para vacas leiteiras é considerada essencial para minimizar perdas na produção de leite, de acordo com alguns autores na faixa de 30% a 50%, e na eficiência reprodutiva. A eficiência da sombra dependerá da sua correta adequação ao ambiente e aos animais. Apesar de o sombreamento reduzir o acúmulo de calor devido à radiação solar, esse sistema não tem grande efeito na temperatura de bulbo seco e na umidade relativa do ar, sendo necessária uma climatização adicional em ambientes quentes e úmidos (COLLIER *et al.*, 2006).

Armstrong *et al.* (1993) mostram que a sombra para vacas leiteiras é considerada essencial para minimizar a perda na produção de leite e na eficiência reprodutiva. Bond *et al.* (1967) confirmam que uma simples sombra interceptando os raios solares pode reduzir o calor radiante no animal em aproximadamente 30% ou mais.

Como medida rápida para um pasto sem sombra natural, pode-se construir coberturas que protegerão os animais da radiação solar. O sombreamento artificial vai utilizar materiais como telhas de barro, chapa galvanizada ou alumínio, lâmina de aço ondulada, telhas de fibrocimento ou malhas (telas de polipropileno), etc. Essas estruturas precisam ser bem planejadas para se obter o máximo de benefícios econômicos. As principais considerações para a construção de uma instalação são a orientação, espaço, altura e ventilação (PINHEIRO, 2012).

A possibilidade de construção de abrigos artificiais em pastagens, constitui-se em uma alternativa de sombreamento de grande importância, devendo, todavia,

ressaltar o fato de que as características do material de construção dos abrigos devem interagir entre si, de modo a serem compatíveis com as condições ambientais prevalentes, uma vez, que o ambiente compõe-se de um complexo de fatores que envolve determinada espécie de ser vivo, podendo ser favorável ou não, ao seu desenvolvimento biológico, produtivo e reprodutivo (TITTO *et al.* 2008).

Silva (2015) afirmou que uma área de sombra de 3m<sup>2</sup> por animal, construída com tela plástica de polipropileno com 80% de sombreamento e com 2,5m de pé direito foi eficaz em atenuar os efeitos do estresse térmico, reduzindo a frequência respiratória, a temperatura retal e aumentando a produção de leite.

Fonseca *et al.* (2011), concluíram que o manejo de pintura branca sobre a telha de cimento amianto promoveu maior desempenho térmico do material de cobertura favorecendo o ambiente da instalação, proporcionando um ambiente com melhores índices de conforto térmico com menor carga térmica de radiação. Na confecção de abrigos para bovinos podem ser utilizadas as telhas de aço galvanizado, que quando pintadas de branco na parte externa podem apresentar redução na Carga Térmica de Radiação (CTR; SILVA, 2000).

Bond *et al.* (1954) mediram a radiação térmica recebida de várias partes da instalação que envolvia um animal à sombra e concluíram que 28% da carga térmica radiante provinham da radiação direta, 21% do material de cobertura, 18% da área não sombreada e 33% da área sombreada. Assim, os autores concluíram que a quantidade de carga térmica de radiação devido ao material de cobertura e sua sombra correspondem a mais de 50% da radiação térmica total. Para minimizar o estresse térmico em sistema de pastejo é recomendado o uso de sombra natural ou artificial. Na ausência de árvores nos piquetes, utiliza-se o sombreamento artificial e o mais utilizado é a tela de fibra sintética, polipropileno, conhecido como sombrite (SILVA, 2008).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Bom Sucesso, localizada no município de Barreira-Ceará. Situado à latitude de 4°18'16''S, longitude 38°38'46''O e altitude de 318m; temperatura média anual de 28°C, predominando a vegetação de caatinga.

O estudo ocorreu no período de transição chuva – seca, compreendendo os meses de junho a agosto, perfazendo um total de 3 (três) meses.

Foram selecionadas 22 vacas mestiças (*Bos taurus taurus X Bos taurus indicus*) em lactação de epiderme escura, com três tipos de pelagem, branca, preta e vermelha (Figura 1), totalizando 75 unidades experimentais. As vacas eram paridas com ordens de parto entre 1 a 5, idades entre 4 e 8 anos e peso médio de 350 Kg, com boa condição corporal (ECC = 3,5), criadas em sistema silvipastoril com cajueiros (*Anacardium occidentale*), carnaúbas (*Copernicia prunifera*), palmeiras de coco catolé (*Syagrus cearenses*) além de algumas espécies lenhosas nativas mantidas sob pasto nativo de sequeiro consorciado com os capins, gramão (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), variedade aridus, cultivar Callie, gengibre (*Paspalum maritimum*), estrela-africana (*Cynodon nlemfuensis*. Vandyerst), quicuío (*Pennisetum clandestinum*) e nas áreas com solo de aluvião cultivado o capim braquiária (*Brachiaria humidicola*).



Figura 1. Três colorações de pelagens de vacas mestiças em lactação.

Os animais eram encaminhados ao pasto dotado de sombra natural logo após a ordenha que ocorria às 5h da manhã. Às 10h as vacas retornavam para o estábulo onde eram suplementados no cocho com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) picada e 3 kg de milho (*Zea mays*) moído por vaca; tendo a disposição no cocho, o sal mineral (Bovigold, Tortuga, Brasil) e água à vontade. O cultivo da palma forrageira e do milho teve adubação orgânica com esterco bovino e de aves. Após os animais estarem alimentados e com a sede saciada voltavam ao pasto e retornavam às 14h para o curral com uma parte coberto com telha de barro, e área arborizada, para a posterior ordenha. Neste momento, as vacas foram avaliadas, com a coleta simultânea dos dados climáticos e fisiológicos, uma vez por semana, durante o período da primeira a última coleta.

Para a coleta dos dados climáticos de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) utilizou-se um termohigrômetro digital (Incoterm; Figura 2), colocado no ambiente onde estavam os animais e então registrados os valores médios, máximos e mínimos das variáveis climáticas, para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU; médio, máximo e mínimo) sob a fórmula de Thom (1959),  $ITU = (0,8 \times TA + (UR/100) \times (TA - 14,4) + 46,4)$ .



Figura 2. Termohigrômetro digital.



Figura 3. Termômetro digital infravermelho.

Os dados fisiológicos observados foram a temperatura superficial e a frequência respiratória. A temperatura superficial (TS) da cabeça (TSC) (Figura 4), pescoço (TSP) (Figura 5), tórax (TST) (Figura 6), flanco (TSF) e úbere (TSU) (Figura 7), foram obtidas com um termômetro digital infravermelho com mira a laser (MINIPA MT-320; Figura 3). A partir da média aritmética dos valores obtidos foi calculada a temperatura superficial (TS). A frequência respiratória (FR) foi obtida pela observação visual direta dos movimentos do flanco do animal, durante um minuto, e o resultado expresso em movimentos por minuto (mov min<sup>-1</sup>).

Para a obtenção dos dados de produção de leite e ordem de parto das vacas observou-se os dados dos animais que foram disponibilizados pelo proprietário da fazenda e calculou-se a média destes valores.

Para a análise estatística foram calculadas as médias e os erros-padrão da média para os dados climáticos e variáveis fisiológicas, nas diferentes pelagens dos animais. Na análise de variância utilizou-se programa estatístico ASSISTAT, versão 7.7, para verificar o efeito da época do ano nas variáveis fisiológicas, com os dados comparados pelo teste de T, matriz de probabilidade de comparação dois a dois, com probabilidade de 5% de erro.



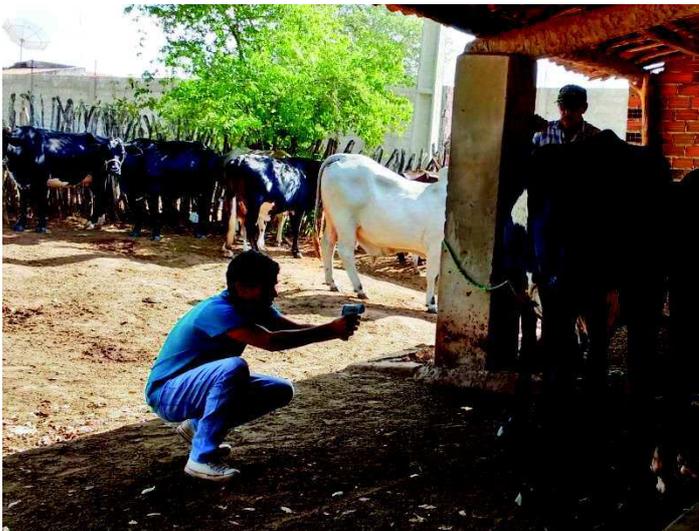
**Figura 4.** Coleta da temperatura superficial da cabeça.



**Figura 5.** Coleta da temperatura superficial do pescoço.



**Figura 6.** Coleta da temperatura superficial do tórax.



**Figura 7.** Coleta da temperatura superficial do úbere.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros climáticos do período de transição chuvoso-seco são apresentados na Tabela 1 observando-se um ambiente quente com a média, a máxima e a mínima temperatura ambiente de 40,40°C, 40,80°C, 33,32°C, respectivamente. Quando se avalia a condição de estresse térmico devem ser considerados os valores médios e os máximos das variáveis ambientais, pois denotam a real condição de impacto nos animais.

**Tabela 1.** Médias, máximas e mínimas de temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU) do período de transição chuvoso-seco do ano de 2016, durante coleta de dados fisiológicos de vacas mestiças (*Bos taurus X Bos indicus*) em lactação, no município de Barreira – CE.

Período	Valores	TA (°C)	UR (%)	ITU
Chuvoso - Seco	Médias	40,40 <sup>a</sup>	31,95 <sup>b</sup>	86,90 <sup>b</sup>
	Máximas	40,80 <sup>a</sup>	54,14 <sup>a</sup>	93,41 <sup>a</sup>
	Mínimas	33,32 <sup>b</sup>	30,71 <sup>b</sup>	78,84 <sup>c</sup>

Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Vacas em lactação que produzem no semiárido cearense à campo, estão sob temperaturas ambientais elevadas, sendo acima (Tabela 1) do considerado por Perissinotto & Moura (2007), onde demonstram que temperaturas entre 24 e 26 °C seriam mais adequadas para o conforto térmico de vacas em lactação e, que nessas condições estariam em zona de conforto térmico, maximizando o crescimento e consequentemente a produção.

Por outro lado, além das altas temperaturas, ficou demonstrado que no período de transição chuvoso-seco do semiárido, somente em seus valores máximos (Tabela 1) a umidade relativa do ar esteve dentro do que foi observada como ideal para a criação de animais domésticos por Leite *et al.* (2012), que varia de 50 a 70%. Salientando que, os valores menores de UR nos horários mais quentes estão associados ao aumento da temperatura do ar.

Deste modo, analisando os dados encontrados percebe-se que tanto a temperatura do ar, quanto a umidade relativa do ar diferem muito da literatura mostrando que os animais estão fora da sua zona de conforto térmico.

O ITU é um índice utilizado para estimar e avaliar o efeito ambiente sobre o conforto térmico dos bovinos, este índice leva em consideração a temperatura do ar, e a umidade relativa do ar, sendo um excelente indicador de conforto térmico (AZEVEDO *et al.*, 2005).

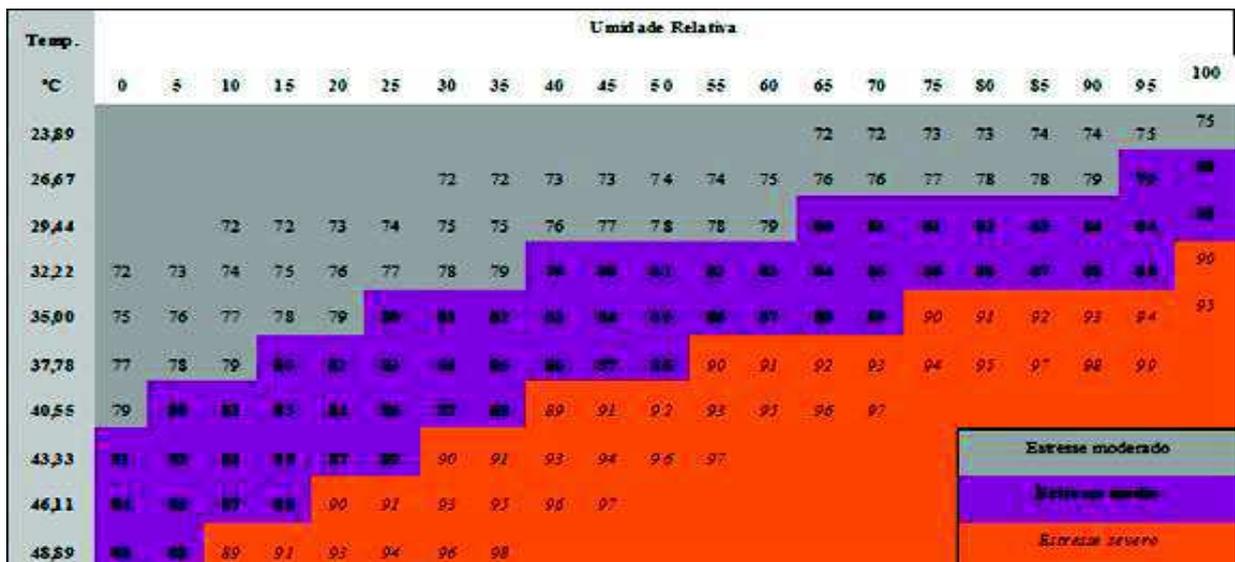


Figura 8. Índice de temperatura e umidade (Adaptado de Johnson et al. 1962)

Os resultados mostram que em muitos momentos do período estudado, os animais estiveram em situações de estresse térmico de moderado a severo (Figura 8), tendo em vista que a média e máxima do ITU foram de 86,90 e 93,41, respectivamente (Tabela 1).

Brown-Brandlet *et al.* (2005), mostraram que as áreas de risco climático para a produção leiteira, estão divididas em quatro categorias de acordo com o índice de temperatura e umidade, quando o ITU é inferior a 74, as condições ambientais são adequadas para a criação de vacas leiteiras; um ITU entre 74 e 78, as condições são aceitáveis, podendo resultar em decréscimos na produtividade; um ITU entre 78 e 84 está associado a condições ambientais com estresse moderado, em que os animais podem apresentar reduções significativas de produção e um ITU maior que 84, as condições ambientais são de estresse severo, devendo serem adotadas técnicas de manejo visando reduzir o estresse e evitando a mortalidade dos animais.

Valores de ITU considerados como situação de conforto e estresse variam entre diversos autores, mas existe um consenso em considerar um ambiente com

ITU acima de 72 como sendo estressante para vacas de alta produção (MARTELLO *et al.* 2004), porque são animais mais susceptíveis ao estresse térmico.

Souza *et al.* (2016), relatam que valores de ITU mais favoráveis, significa que os bovinos leiteiros estão livres do estresse térmico nessas localidades, uma vez que o conforto ambiental vai depender da forma de criação e modo de exposição dos animais ao ambiente.

A Tabela 2 apresenta os dados fisiológicos das vacas leiteiras no semiárido, considerando-se pelos resultados, que houve uma associação entre o aumento das temperaturas superficiais da pele dos pontos coletados (TS), exceto a TSP, e a elevação da frequência respiratória (FR) nos animais de pelagem preta, que absorveram mais calor ambiental do que os de pelagem branca e vermelha.

**Tabela 2.** Médias dos dados fisiológicos das pelagens branca, vermelha e preta das vacas mestiças (*Bos taurus X Bos indicus*) lactantes no período de transição chuvoso-seco do semiárido cearense.

Pelagem	TSC (°C)	TSP (°C)	TST (°C)	TSF (°C)	TSU (°C)	FR
Branca	41,09 <sup>ab</sup>	40,82 <sup>a</sup>	39,92 <sup>a</sup>	38,88 <sup>ab</sup>	39,71 <sup>a</sup>	41,80 <sup>b</sup>
Preta	41,88 <sup>a</sup>	39,57 <sup>ab</sup>	40,78 <sup>a</sup>	39,32 <sup>a</sup>	39,64 <sup>a</sup>	50,91 <sup>a</sup>
Vermelha	36,86 <sup>b</sup>	36,50 <sup>b</sup>	37,34 <sup>a</sup>	35,61 <sup>b</sup>	38,56 <sup>a</sup>	42,22 <sup>b</sup>

Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade. TSC: temperatura superficial da cabeça; TSP: temperatura superficial do pescoço; TST: temperatura superficial do tórax; TSU: temperatura superficial do úbere; FR: frequência respiratória (mov/min)

Os resultados mostram que os animais com pelagem vermelha absorveram menos radiação térmica direta do que os de pelagens preta e branca, desta forma, a temperatura da superfície cutânea destes animais é menos elevada que naqueles com pelame preto e branco (Tabela 2). Isto pode ser explicado pela adaptação que estes animais têm em ambientes quentes por terem mais sangue Zebu, diferente dos animais com pelame preto e branco que tem mais sangue Holandês.

A cor do pelame assume um papel fundamental para as trocas térmicas entre o animal e o ambiente, pois, nas regiões tropicais tem a função de proteção mecânica da epiderme contra radiação solar, sendo, portanto, uma qualidade muito importante para os animais em condições de pasto.

Souza *et al.* (2010) observaram que a elevada temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a radiação solar direta são os principais fatores responsáveis por causarem o desconforto fisiológico, que leva os animais a

adotarem medidas fisiológicas e comportamentais para manter a homeotermia, e que na maior parte das vezes culminam com redução no desempenho produtivo.

A temperatura superficial apresentou média acima de 35°C (Tabela 2), assim, provavelmente, os mecanismos sensíveis de troca de calor com o ambiente foram diminuídos, tendo em vista que Collier *et al.* (2006) relataram que, se a temperatura da superfície corporal estiver abaixo de 35°C, o gradiente entre as temperaturas retal e da superfície corporal é suficientemente grande para os bovinos utilizarem eficazmente todos os quatro mecanismos de troca de calor com o ambiente.

Animais com pelagem preta absorveram mais a radiação solar, comparados com aqueles com pelagem branca, deste modo ativando mais seus mecanismos termo regulatórios com maior aumento na FR (Tabela 2), como forma da manutenção da homeotermia. Estes resultados são semelhantes ao encontrado por Silva (2000) onde afirma que é fundamental considerar a carga térmica radiante sobre os animais mantidos em ambiente tropical (diferença entre ambiente tolerável e insuportável). É sabido que, a radiação solar influencia efetivamente sobre os animais, seja, pela radiação ultravioleta que é retida pelos grânulos de melanina presentes na pele pigmentada, ou pela radiação infravermelha, que em sua maior parte, é refletida pelo pelame claro ou branco. Assim, em ambiente tropical os bovinos que têm pouca pigmentação epidérmica e pelame escuro sofrem mais intensamente comparados aqueles que têm pele pigmentada e pelame claro ou branco.

A frequência respiratória (FR) fisiológica em bovinos adultos oscila entre 24 a 36 movimentos respiratórios/minuto (mov/min), mas esses valores da FR podem ser várias vezes aumentados em condições ambientais acima da temperatura crítica superior para a espécie (FERREIRA *et al.*, 2006).

Animais com pelagem preta apresentaram maior FR (Tabela 2) demonstrando o quanto estas vacas necessitam da termólise pela respiração na tentativa de perda de calor, enquanto que as vacas com pelagem branca e vermelha demonstraram estar mais adaptadas as mesmas condições de criação. Comparando o período de transição chuvoso-seco, com o período seco descrito por Silva Junior *et al.* (2015), os animais apresentaram FR maiores no período chuvoso-seco do que no período seco (Pelagem preta – 50,91 mov/min vs 36,5 mov/min; Pelagem vermelha – 42,22 mov/min vs 39 mov/min; Pelagem branca – 41,8 vs 34,5 mov/min, respectivamente),

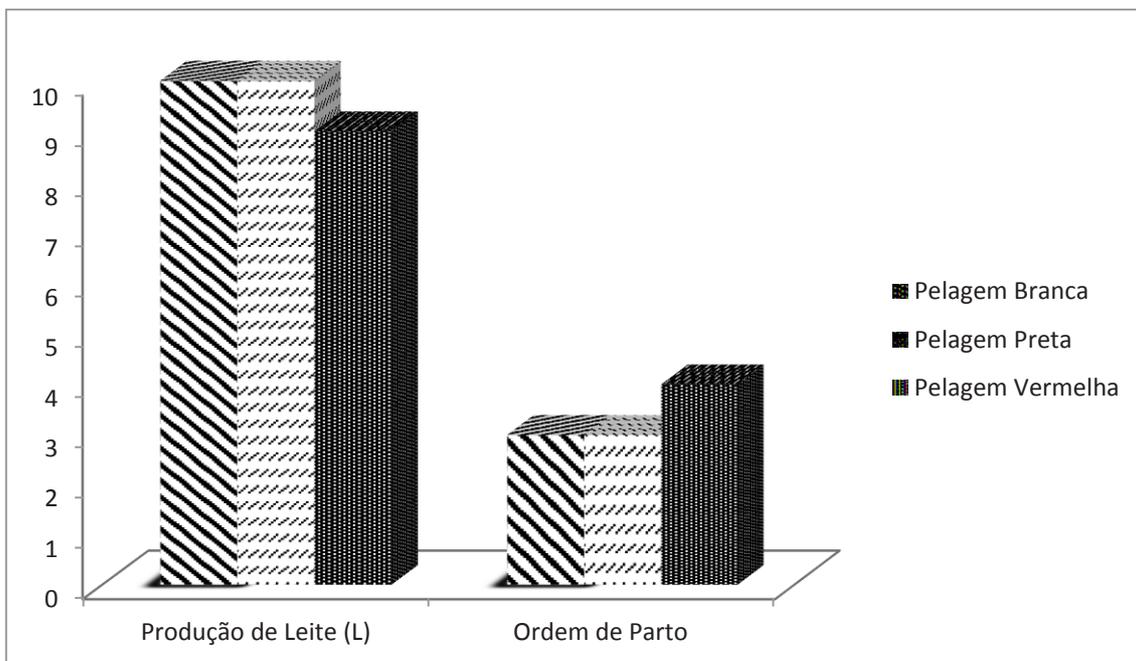
isto provavelmente pela maior umidade relativa do ar neste período (54,14% vs 50%), dificultando a perda de calor pela respiração.

Morais *et al.* (2008) relataram em rebanhos Girolando criados no semiárido nordestino, médias de FR de 44 mov/min, semelhantes as médias de FR do grupo de animais estudados neste período (Tabela 2).

Quanto mais quente e úmido for o ambiente, mais os bovinos recorrem a mecanismos adaptativos fisiológicos de perda de calor corporal para evitar a hipertermia. Dessa forma, aumentam a frequência respiratória (taquipnéia), como mecanismo adicional a perda de calor por sudorese, constituindo-se, ambos, em meios importantes de perda de calor por evaporação (BACCARI JR., 2001).

Sakurai & Dohi (1988), citados por Blackshaw & Blackshaw (1994), mostraram que, quando a temperatura do pêlo de bovinos japoneses pretos em pastejo sob radiação solar direta foi maior que 40°C por 30 minutos, o pastejo cessou e os animais procuraram sombra. Nos animais incapazes de procurar sombra, a FR aumentou de 80 para 120 a 160 mov/min. e a TS excedeu 45°C.

A influência da ordem de parto é importante na produção leiteira de vacas, para tanto, foi observado se as diferentes pelagens condicionaram este aspecto (Figura 9).



**Figura 9.** Produção de Leite e Ordem de Parto das pelagens branca, vermelha e preta das vacas mestiças (*Bos taurus X Bos indicus*) lactantes no período de transição chuvoso-seco do semiárido cearense.

Observando a figura 9, percebe-se que os animais de pelagem branca e preta tiveram uma produção de leite maior que a das vacas com pelagem vermelha, isto, provavelmente, pode se dever ao fato das vacas brancas e pretas terem mais sangue Holandês, maiores produtoras de leite no mundo. Entretanto, as vacas com pelagem vermelha mostraram uma ordem de parto maior, mostrando que pariram mais, provavelmente, por estarem mais adaptadas ao ambiente e apresentarem alta tolerância ao calor.

Pinarelli (2003) verificou que o estresse provocado pelo calor excessivo resultou em perdas de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e de 22% em vacas de 40 kg/dia. Pimentel *et al.* (2007) afirmaram que vacas leiteiras, principalmente as de alta produção, que possuem metabolismo acelerado e alta produção de calor metabólico, são muito sensíveis ao estresse térmico, o que provoca diminuição da ingestão de matéria seca, conseqüentemente a ingestão de energia metabolizável, provocando uma diminuição considerável na produção de leite. Mostrando assim, que quanto mais o animal necessitar dissipar calor menos ele vai produzir.

## **5 CONCLUSÃO**

Vacas leiteiras mestiças de pelagem branca e vermelha são mais termotolerantes ao clima da região semiárida do Nordeste brasileiro que vacas de pelagem preta, devendo esta característica ser considerada na escolha de animais para produção de leite na região do Maciço de Baturité.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A elevada temperatura ambiente no semiárido cearense gera respostas fisiológicas como, o aumento da temperatura da pele e da frequência respiratória, havendo necessidade de ofertar conforto térmico aos animais com o uso de sombras com um manejo adequado para prover o bem-estar e assim obter maior produtividade.

Em ambiente tropical, a possibilidade da combinação em pelagem de cor clara sobre uma epiderme escura é a alternativa mais desejável.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G.L.D., PANDORFI, H., GUISELINI, C., HENRIQUE, H.M., ALMEIDA, G.A.D. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.754-760, 2011.
- ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J.R.P.; POZZI, C.R.; FAVA, C.D.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S.V.; OLIVEIRA, J.E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p. 639-643, 2005.
- ARIAS, R. A.; MADER, T. L.; ESCOBAR, P. Factores climáticos que afectan El desempeño productivo del Ganado bovino de carne y leche. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v.40, p.7-22, 2008.
- ARMSTRONG, D. V.; WELCHERT, W.T.; WIERSMA, F. **Environmental modification dairy cattle housing in arid climates**. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENTAL SYMPOSIUM, 4, 1993, Coventry, Proceedings... Coventry: 1993. p. 1223- 1231.
- AZEVEDO, D. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada á produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83p.
- AZEVEDO, M; PIRES, M.F.A.; STURNINO, H.M.; LANA, A.M.Q.; SAMPAIO, I.B.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  holandês – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 269p.
- BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Ed. UEL, 2001. 141p.
- BARBOSA, O. R.; BOZA, P.R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E.S.; RIBAS, N.P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça

Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.1, p.115-122, 2004.

BARRETO, L.C.N., LANA, A.M.Q., FERREIRA, A.M., LEITE, R.C. Composição racial, adaptação ao ambiente criatório e eficiência técnica dos rebanhos leiteiros de Itaperuna-RJ. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.19, n.1, p.32-37, 2012.

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.

BERTIPAGLIA, E.C.A., SILVA, R.G., CARDOSO, V., MAIA, A.S.C. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desempenho reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.350-359, 2007.

BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.285-295, 1994.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Nonshaded Feedlot Cattle, Part 1: **Analyses of Indicators**. **Biosystems Engineering**, v. 90, p. 451–462, 2005.

BOND, T.E.; KELLY, C.F.; ITTNER, N.R. Radiation studies of painted shade materials. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.35, p.389-392, 1954.

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

BURFEIND, O., SUTHAR, V. S., HEUWIESER, W. Effect of heat stress on body temperature in healthy early postpartum dairy cows. **Theriogenology**, v.78, p.2031-2038, 2012.

COLLIER, R.J.; DAHL, G.E; VANBAALE, M.J. Major advances associated with environmental effects of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, n.4, p.1244-1253, 2006.

COSTA, A.N.L. **Estresse térmico em fêmeas bovinas girolando:  $\frac{3}{4}$  Holandês  $\frac{1}{4}$  Gir vs.  $\frac{1}{2}$  Holandês  $\frac{1}{2}$  Gir, criadas em clima semiárido no estado do Ceará.** 2014. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2014.

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

DOBSON, H., SMITH, F.R. What is stress, and how does it affect reproduction? **Animal Reproduction Science**, v.60-61, p.743-752, 2000.

DOMINGOS, H. G. T.; MAIA, A. S. C.; SOUZA JR, J. B. F.; SILVA, R.B.; VIEIRA, F.M.C.; SILVA, R.G. Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region. **Livestock Science**, v.154, p.169-174, 2013.

FAÇANHA, D.A.E.; CHAVES, D.F.; MORAIS, J.H.G.; GURGEL, J.H.; VASCONCELOS, A.M.; COSTA, W.P.; GUILHERMINO, M.M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.91-103, 2013.

FERREIRA, F. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FERRO, F.R.A. NETO, C.C.C. TOLEDO FILHO, M.R. FERRI, S.T.S. MONTALDO, Y.C. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.25, n.5, p.1–25, 2010.

FONSECA, P.C.F. ALMEIDA, E.A. PASSINI, R. Thermal comfort indices in individual shelters for dairy calves with different types of roofs. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, p.1044-1051, 2011.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23monitoramento/meteorol%C3%B3gico/572-postos-pluviom%C3%A9tricos> Acesso: 07.08.2016

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. **Caracterização dos sistemas de produção de leite bovino na microrregião Seridó do estado do Rio Grande do Norte**. 2012. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Macaíba, 2012.

HANSEN, J.P., DROST, M., RIVERA, M.R., PAULA-LOPES, F.F., ALKATANANI, M.Y., KRININGER III, E.C., CHASE, C.C. Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. **Theriogenology**, v.55, p.91-103, 2001.

HANSEN, J.P. Managing the Heat-Stressed Cow to Improve Reproduction. PROCEEDINGS OF THE 7 TH WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE. March 9- 11, 2005.

HANSEN, J. P. Effects of heat stress on mammalian reproduction. **Philosophical Transactions of Royal Society B**, v.364, p. 3341-3350, 2009.

HARDY, R. N. **Temperatura e vida animal**. 2. ed. São Paulo: EPU/EDUSP, 1981. 91 p.

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

KADZERE, C. T. MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N. MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.77, n.1, p.59-91, 2002.

KANO, Y. Study on the effects of environmental temperature on changes in the amount of lactation. **Japan Journal of Veterinarian Science**, v.30, p.299-310, 1968.

LEITE, J.R.S.; FURTADO, D.A.; LEAL, A. F.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. S. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos

confinados. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v. 16, p.443-448, 2012.

LINN, G.J. Nutritional management of lactating dairy cows during periods of heat stress. **Dairy Update**, v. 125, February, 1997.

LOPES, A.C.R. **Ganho de peso e rendimento de carcaça de bovinos de corte confinados com acesso a sombra**. 2009. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v.50, n.1, p.17-22, 2005.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S.L.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p.181-191, 2004.

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

MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA, D.H. **Bioclimatologia Animal**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 126p. 1997.

MIESCHKE, B.; JOHNSON, E. H.; WENIGER, J. H.; STEINHAUF, D. The effect of heat stress on thermoregulation and performance of lactating cows. **Z. Tierz. Zuechtungsbiologic**, v. 95, p.295, 1979.

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 40A REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 2003. CD-ROM. Santa Maria, RS.

MORAIS, D.A.E.F.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.D.; VASCONCELOS, A.M.D.; LIMA, P.D.O.; GUILHERMINO, M.M. Variação anual de hormônios tireoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p.538-545, 2008.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos animais domésticos**. 2a edição Editora Sulina / Porto Alegre – RS. 1982.

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

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS. A.T.; et al. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pasto sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.

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

OLIVEIRA, S.E.O. **Efeito da radiação solar no comportamento de vacas holandesas em ambiente tropical**. 2013. 56p. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Universidade estadual paulista – UNESP, São Paulo, 2013.

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, 195p., 2005.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, p.117-126, 2007.

PIMENTEL, P.G., MOURA, A.A.A.N., NEIVA, J.N.M., ARAÚJO, A.A., TAIR, R.F.L. Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suíça

alimentadas com castanha de caju. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1523-1530, 2007.

PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, v.28, p.36-38, 2003.

PINHEIRO, M. G. Produção de leite em ambiente tropical. **Pesquisa & Tecnologia**, v.9, n.1, 6p. 2012.

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

RASGDALE, A.C. Environmental physiology with special reference to domestic animal, influence of increasing of temperature 40° to 105° F on milk production in Brown Swiss cows, and on feed and water consumption and body weight in Brown Swiss and Brahman cows and heifers. **Missouri Agriculture Research Bulletin**, n.471, 1961.

ROCHA, D. R.; SALLES, M.G.F.; MOURA, A.A.A.N.; ARAÚJO, A.A. Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no período chuvoso e seco no Ceará. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v.10, n.4, p.335-343, 2012a

ROCHA, D. R.; SALLES, M.G.F.; MOURA, A.A.A.N.; ARAÚJO, A.A. Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.36, n.1, p.18-24, jan./mar. 2012b.

RUAS, J.R.M.; SILVA, E.A.; QUEIROZ, D.S. et al. Características produtivas de lactação de quatro grupos genéticos F1 Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v. 21, n. 1, p. 33-37, 2014.

SCHUTZ, K.E.; ROGERS, A.R.; COX, N.R.; TUCKER, C.B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behaviour, and body temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 116, n. 1, p. 28-34, 2009.

SILVA, E.C.L. **Influência do sombreamento artificial no desempenho de vacas da raça pitangueiras sob pastejo**. 2008, 41p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRP, Recife, 2008.

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

SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. 1ed. Jaboticabal: Funep, 2008. 393p.

SILVA FILHO, F.P. **Adaptabilidade ao calor e índices ambientais para vacas da raça Holandesa no semiárido**. 2013. 87p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA JUNIOR, F. A. P.; PINTO, A. F. B. P.; RODRIGUES, I. C. S.; NETO, A. M. V.; ROCHA, D. R.; ARAUJO, A. A.; PINTO, C. M.; SALLES, M. G. F. Termotolerância de vacas mestiças segundo a cor do pelame no período seco do semiárido cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 15, 2015, Fortaleza. Anais eletrônicos.. Fortaleza : ZOOTECA, 2015. Disponível em: <<http://sis.gnibus.com.br/uploads/zootec2015/documentos/d9d9c83440b0e0a387e2150158143f5616c82de0.pdf>> Acesso em: 05 de Agosto de 2016.

SILVA, D.C. **Índices de conforto térmico, variáveis fisiológicas e desempenho produtivo de vacas leiteiras em sala de espera climatizada**. 2015. 84p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2015.

SOUZA, S.R.L. **Análise do ambiente físico de vacas leiteiras alojadas em sistema de free stall**. 2003. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

SOUZA, B.B.; SILVA, I.J.O.; MELLACE, E.M.; SANTOS, R.F.S.; ZOTTI, C.A.; GARCIA, P.R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.6, n.2, p.59-65, 2010.

SOUZA, B. B.; SILVA, G.A.; SILVA, E.M.N. Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, Brasil. **Journal Animal Behaviour Biometeorology**, v.4, n.1, p.12-16, 2016.

TAKAHASHI, M. Heat stress on reproduction function and fertility in mammals. **Reproductive Medicine and Biology**, v.11, p.37-47, 2012.

TEIXEIRA, M. **Efeito do estresse climático sobre parâmetros fisiológicos e produtivos em ovinos**. 2000, 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2000.

TERRA, R. L. História, exame físico e registro dos ruminantes. In: Smith, B. P. **Tratado de medicina interna dos grandes animais**. São Paulo: Manole, v.3, cap.1, p.3-14, 2006.

TITTO, C.G. **Capacidade termolítica e respostas comportamentais e hormonais em vacas holandesas**. 2010. 114p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F.; VILELA, R. A.; TITTO, C. G.; AMADEU, C. C. B. **Manejo ambiental e instalações para vacas leiteiras em ambiente tropical**. In: WORKSHOP DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, I., 2008, Nova Odessa. Palestras ... Nova Odessa: Centro Apta – Bovinos de Leite do Instituto de Zootecnia, 2008. p.1-24.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, p.57-59, 1958.

TORRES, A. P. **Melhoramento dos rebanhos**. 4. ed. São Paulo : Nobel, 1981. 399p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. Ed. Nobel – São Paulo, 1ª Ed. - 7ª reimpressão. 1992.

VILELA, R. A. **Comportamento e termorregulação de vacas holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre**. 2008. 88p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2008.

WEST, J.W, 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. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2455-2465, 1999.

WEST, J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.6, p.2131- 44, 2003.

YANAGI JUNIOR, T. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima**. 2006. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/ITBA/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm) Acesso: 06.08.2016.