

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS EM SALA DE
ESPERA CLIMATIZADA**

Danilo Corrêa Silva

ANÁPOLIS
2015

**ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS EM SALA DE
ESPERA CLIMATIZADA**

DANILO CORRÊA SILVA

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Passini

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás
- UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e
Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola –
Engenharia de Sistemas Agroindustriais, para obtenção do
título de MESTRE.

ANÁPOLIS
2015

SILVA, Danilo Corrêa

Índices de conforto térmico, variáveis fisiológicas e desempenho produtivo de vacas leiteiras em sala de espera climatizada – 2015

84 f. il.

Orientadora: Prof. Dra. Roberta Passini

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás. Mestrado *Strictu Sensu* em Engenharia Agrícola, 2015.

Bibliografia.

1. Ciências Agrárias 2. Engenharia Agrícola. 3. Construções rurais e ambiência. I Título

**ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS EM SALA DE ESPERA
CLIMATIZADA**

Por

Danilo Corrêa Silva

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

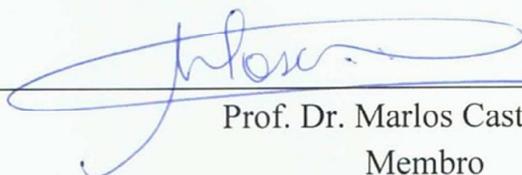
Aprovado em 31/03/2015



Prof.ª Dra. Roberta Passini
Orientadora
UEG/UnUCET



Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis
Membro
UEG/UnUCET



Prof. Dr. Marlos Castanheira
Membro
PUC/GOIÁS

Para todas as pessoas que tentam de alguma forma melhorar a vida do homem no campo e o Bem Estar dos animais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado forças para que eu pudesse realizar mais esse sonho, meu coração escolheu um caminho e ele guiou os meus passos.

Aos meus Pais João de Deus Ferreira da Silva e Maria Helena Corrêa Silva por serem os maiores apoiadores dos meus sonhos, pelos exemplos de esforço e caráter, minha irmã Daniela Corrêa Silva pela amizade e por compartilhar essa caminhada.

Aos meus avós Fernando (*in memoriam*), Valdir (*in memoriam*), Hilda (*in memoriam*), pelo acolhimento, pelo carinho, pelos ensinamentos, em especial minha avó Lourdes (*in memoriam*) por suas encantadoras histórias sobre tropeadas e a vida simples e bela do campo que foram o ponta pé inicial do meu encantamento pela Zootecnia e que se perdura até hoje.

A todos os Professores que passaram por minha vida, desde o jardim de infância até agora, sem dúvida, meu amor pelo conhecimento foi uma construção onde todos vocês foram responsáveis.

A minha professora e Orientadora Roberta Passini pela paciência, pela confiança, pelo apoio na conquista de mais esse sonho, minha eterna gratidão.

A Universidade Estadual de Goiás e todos os seus professores e funcionários por terem me dado a oportunidade de fazer minha graduação e agora ter participado de um programa de mestrado.

A todos os professores do programa de mestrado em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos, ao professor Elton Fialho dos Reis pelo apoio nos trâmites administrativos para que esse trabalho pudesse ser concretizado e pelos conselhos durante esses dois anos.

A todos os colegas do mestrado Zeuxis Rosa, Maria Olivia, Gustavo, Florence, Luis, Sanchez, Arlindo, Danilo, Bethoven, Roberto, Guiliano, Camila, Sarah, Alba, Ranyelle, Elson, Vanessa por todos os bons momentos em sala de aula no campo ou no laboratório.

Ao Seu Valdeir pelas ideias no projeto, mas principalmente pela amizade e companheirismo no dia a dia, a Maria Terezinha pelos relevantes serviços no laboratório e pela amizade, a Eliete por ser sempre prestativa em todos os nossos pedidos.

Ao todos os alunos do curso de Engenharia Agrícola: Alexandre Scavacini, Cristiane Fernandes pela convivência e pelos ensinamentos partilhados, em especial ao meu amigo Marcos Paulo pelas ajudas no trabalho, pelo tereré, mas principalmente pela sincera amizade.

A Luana Akamine por ter me dado à oportunidade de aprender mais um pouco, pelo exemplo e pela amizade.

A Pedro Paulo Ferreira Gomes e sua Família por ter aberto as portas do Sítio Só Elétrica para que esse trabalho pudesse ser realizado, sem em nenhum momento titubear, em relação aos gastos extras, mudança de manejo e todos os problemas que um experimento pode trazer em uma propriedade comercial, com o simples e único propósito de ajudar seu amigo, fica registrado minha eterna gratidão pela sua amizade e de sua família.

A todos os Funcionários e amigos do Sítio Só Elétrica, Romualdo, Marinho e sua Família, Guilherme, Emerson, Ian, Ruiake, João Pedro, Arthur, Leandro pelo tempo de convivência e pela ajuda no experimento.

Aos animais que são minha fonte de inspiração, e em especial os 16 que participaram desse experimento.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que direta ou indiretamente participaram desse projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 CLIMA E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	3
2.1.1. Temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco	3
2.1.2 Umidade Relativa do ar	4
2.1.3 Radiação solar	4
2.1.4 Ventos	5
2.2 INTERAÇÃO DOS BOVINOS COM O AMBIENTE	5
2.2.1 Condução	6
2.2.2 Convecção	6
2.2.3 Radiação	7
2.2.4 Evaporação	7
2.3 TERMORREGULAÇÃO E ESTRESSE CALÓRICO EM BOVINOS	8
2.3.1 Modificações comportamentais	8
2.3.2 Modificações fisiológicas	9
2.4 ZONA DE CONFORTO TÉRMICO	12
2.5 ESTRESSE CALÓRICO	13
2.6 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	14
2.6.1 ITU	14
2.6.2 Temperatura de globo negro	16
2.6.3 ITGU	16
2.6.4 CTR	17
2.6.5 ICT	17
2.6.6 Entalpia	18
2.8 ESTRATÉGIAS PARA REDUZIR O EFEITO DO ESTRESSE	18
2.8.1 Cruzamento para melhorar a adaptabilidade	18
2.8.2 Sistemas de climatização para bovinos leiteiros	19
2.8.2.1 Sombreamento	20

2.8.2.2 Água para climatização.....	20
2.8.2.3 Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE)	21
2.8.3 Climatização em sala de espera	22
2.9 AVALIAÇÃO ECONÔMICA PARA VIABILIDADE DO SISTEMA.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	25
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE.....	25
3.2 ANIMAIS DO EXPERIMENTO E TRATAMENTOS	26
3.3. DELINEAMENTO E PERÍODO EXPERIMENTAL	26
3.3 INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS	27
3.4 SISTEMA DE ASPERSÃO E VENTILAÇÃO	28
3.5. MANEJO DOS ANIMAIS	29
3.6 AQUISIÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS.....	30
3.7 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	31
3.8 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	33
3.9 PRODUÇÃO DE LEITE	35
3.10 ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS.....	36
3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. ORDENHA DA MANHÃ.....	38
4.3 ORDENHA DA TARDE.....	40
4.6 COMPORTAMENTOS DAS VARIÁVEIS BIOCLIMÁTICAS.....	44
4.8 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO.....	49
4.9 PRODUÇÃO DE LEITE	53
4.10 ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	54
5. CONCLUSÕES.....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO A.....	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Composição química dos ingredientes da dieta, seus valores na matéria original, matéria seca, teor de proteína e NDT e a quantidade de ingestão dos mesmos pelos animais.	26
TABELA 2 - Variáveis Fisiológicas coletadas nos animais no período de ordenha da manhã: frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR, °C), Temperatura de cabeça (°C), temperatura de dorso (°C), temperatura de canela (°C), temperatura de úbere (°C), temperatura de garupa (°C).	40
TABELA 3 - Médias das variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (%) e temperatura de globo negro (Tgn), no período de ordenha da tarde, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.	41
TABELA 4 - Médias dos índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR), Índice de Carga Térmica (ICT) e Entalpia (Kj Kg ⁻¹) para os diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.	42
TABELA 5 - Médias das variáveis fisiológicas, na ordenha da tarde: frequência respiratória (FR, mov min ⁻¹), temperatura retal (TR, °C), temperaturas superficiais (TS, °C), temperaturas médias (°C) e temperaturas da cabeça, dorso, canela, úbere e garupa (°C), nos diferentes tratamentos, com seus respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.	47
TABELA 6- Análises de correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas com as variáveis ambientais e índices de conforto térmico.	49
TABELA 7 - Análise de correlação de Pearson das variáveis fisiológicas e as temperaturas superficiais.	51
TABELA 8 - Análise de correlação de Pearson para os índices de conforto térmico e variáveis ambientais.	52
TABELA 9 - Médias da produção leiteira, em Kg animal ⁻¹ , nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.	53
TABELA 10 - Levantamentos dos custos para construção de sala de espera climatizada.	55
TABELA 11 - Valores de depreciação dos investimentos feitos para construção de uma sala de espera climatizada.	56
TABELA 12 - Custo variável mensal dos quatro ambientes de climatização em sala de espera.	57
TABELA 13 - Análise de receita proporcionada pelos diferentes sistemas de climatização em sala de espera, para um rebanho de 60 animais.	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Representação esquemática simplificada das temperaturas ambientais críticas. Adaptado de Baêta e Souza (2010).....	12
FIGURA 2. (a) Área de cocho e (b) área de sombra dos animais em um dos piquetes da propriedade.	25
FIGURA 3. Esquema do delineamento estatístico utilizado no experimento.	27
FIGURA 4. Vista de um grupo de animais na sala de espera, com estrutura de chapa dobrada e cobertura de malha de polipropileno (sombrite).....	28
FIGURA 5. (a) tubulação para sistema de aspersão da sala de espera, (b) caixa d'água utilizada para abastecer o sistema.....	29
FIGURA 6. (a) Animais no ambiente SOM e (b) no ambiente externo, ao sol.	30
FIGURA 7. (a) (b) (c) Posicionamento da miniestação meteorológica, com os sensores alocados no ambiente externo.	31
FIGURA 8. (a) (b) (c) Posicionamento da miniestação meteorológica, como os sensores alocados no ambiente interno da sala de espera.	31
FIGURA 9. (a) Termômetro de infravermelho utilizado para a coleta das temperaturas superficiais; (b) momento da coleta de temperatura de úbere.	34
FIGURA 10. Pontos de coleta das temperaturas superficiais dos animais.....	34
FIGURA 11. (a) Termômetro retal utilizado para coleta da temperatura; (b) momento da coleta da temperatura retal.....	35
FIGURA 12. (a) Detalhe do medidor de leite a vácuo com capacidade máxima de 31 Kg. (b) medidores em todos os conjuntos da ordenha	35
FIGURA 13. Variação das temperaturas de bulbo seco mínimas, médias e máximas durante os 56 dias de experimento.	38
FIGURA 14. Valores médios diários de umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm ³) durante os 56 dias de experimento.	38
FIGURA 15. Médias das temperaturas de bulbo seco nas ordenhas da manhã, durante os 28 dias de coleta do experimento.	39
FIGURA 16. Valores de ITU dos quatro ambientes de sala de espera durante os 28 dias de coleta de dados.....	45
FIGURA 17. . Valores de ITGU da sala de espera durante os 28 dias de coletas de dados.....	46

RESUMO

Com o melhoramento genético dos animais nos últimos anos, o estresse calórico passou a ser um dos principais limitantes da produção leiteira nos trópicos. Estratégias de climatização vêm sendo utilizadas para atenuar esses efeitos, como o sombreamento, a aspersão e o SRAE (Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo). O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes ambientes na sala de espera, por meio de respostas fisiológicas dos animais, índices de conforto térmico, produção leiteira e ganhos econômicos. A pesquisa foi realizada numa propriedade leiteira no município de Trindade-GO, no período de outubro a dezembro (primavera). Foram selecionadas 16 vacas em lactação, 7/8 Holandesa + 1/8 Gir Leiteiro, as quais foram divididas aleatoriamente em quatro grupos. Foi utilizado um delineamento em quadrado latino, como quatro grupos experimentais, em quatro períodos, avaliando quatro ambientes: SOL - ambiente externo, exposição direta ao sol (testemunha); SOM – ambiente sombreado por malha de polipropileno com 80% de interceptação luminosa; SOM+ASP – sombreamento em malha de polipropileno (80%) e aspersão de água; SOM+ASP+VEN – sombreamento em malha de polipropileno (80%), aspersão e ventilação. A climatização foi realizada na ordenha da tarde, durante o tempo de 30 minutos. Durante a climatização foram coletadas as variáveis ambientais, Temperatura de bulbo seco (T_{bs}), Umidade Relativa (UR), Temperatura de globo negro (T_{gn}), Velocidade do vento ($m s^{-1}$), com *data loggers*, a cada minuto. Posteriormente, calcularam-se os índices: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR), Índice de Carga Térmica (ICT) e Entalpia (H). Após a climatização foram coletadas as variáveis fisiológicas: frequência respiratória (FR), temperaturas superficiais, em cinco pontos (cabeça, dorso, canela, úbere, garupa) e temperatura retal (TR), foi feita análises de correlação entre as variáveis ambientais e as fisiológicas. O ambiente SOM+ASP e SOM+APS+VEN apresentaram melhorias significativas ($P < 0,05$) nas variáveis ambientais e índices de conforto térmico, refletindo positivamente nos índices produtivos. O índice que apresentou maior correlação com as variáveis fisiológicas foi o ITGU. O tratamento SOM+ASP+VEN promoveu incrementos de 9,31% e 6,5% na produção de leite, comparado com os ambientes SOL e SOM, respectivamente. A climatização com SOM+ASP+VEN gerou um acréscimo na receita de R\$ 3.364,02 com um tempo de retorno do capital investido de 44 dias.

Palavras-chave: resfriamento evaporativo, aspersão, sombreamento, bovinos, estresse térmico.

COMFORT HEAT INDEX, MEASUREMENTS PHYSIOLOGICAL AND MILK PRODUCTION PERFORMANCE OF DAIRY COWS IN COOLING HOLDING PEN

ABSTRACT

With genetic improvement of animals in recent years, heat stress being a main factor limiting milk production in the tropics. Climate strategies have been used to mitigate these effects, such as shading, sprinkling and the SRAE (Adiabatic Evaporative Cooling System). The aim of this study was to evaluate different environments in the holding pen, through the physiological responses of animals, thermal comfort indices, milk production and economic gains. The research was conducted in a dairy farm located in Trindade-GO, during the October and December (spring). Sixteen lactating dairy cows were chosen, they were randomly divided in four groups. Latin square design was used, four groups in four periods, testing four environments: SOL - external environment, exposed directly at sun (control); SOM – ambient with shadow of polypropylene with 80% sunshine interception; SOM+ASP - shading with polypropylene (80%) and sprinkling; SOM+ASP+VEN - shading with polypropylene (80%), sprinkling and ventilation. The cooling was made in the milking of afternoon, during 30 minutes. During the cooling was collected ambientals variables, dry bulb temperature (T_{bs}) Relative humidity (UR), black globe temperature (T_{gn}), wind speed (m s⁻¹), through of data loggers every minute. After this, the indexes were calculated: Temperature Humidity Index (THI), Black Globe Temperature and Humidity Index (BGHI), Radiant Thermal Load (CTR), Heat Load Index (HLI), and Enthalpy (H) After climatization was collected physiological variables: respiratory rate (RR), surface temperatures at the five points (head, back, shin, udder, rump) and rectal temperature (RT). has been made correlation analysis between environmental and physiological variables. The treatment SOM+ASP and SOM+APS+VEN showed significant improvements (P<0.05) in environmental variables and comfort thermal index, reflecting positively on production rates. The index that most correlated with the physiological variables was BGHI. The treatment SOM+ASP+VEN was an increase of 9.31% and 6.5% compared with the SOL and SOM environments, respectively. The cooling of SOM+ASP+VEN increased R\$ 3.364,02 in financial income, with the return on capital-invested time of 44 days.

Keywords: evaporative cooling, spraying, shading, cattle, heat stress.

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva de leite no Brasil é de grande relevância para a economia do país, importância essa que pode ser comprovada pelo fato do Brasil ocupar a quinta posição entre os maiores produtores de leite do mundo, em 2011 com um rebanho leiteiro de 23.508.605 animais, o país produziu 32.296.120.000 litros de leite, 5% superior ao ano anterior, a produtividade também cresceu de 1340 litros/vaca/ano para 1374 litros/vaca/ano em relação aos dois anos (EMBRAPA, 2014).

Essa baixa produtividade reflete no mercado, necessitando que o País importe produtos lácteos para suprir a demanda interna. Estima-se que o consumo interno no Brasil deva crescer a uma taxa anual de 2%, chegando a uma demanda de 42 bilhões de litros em 2023, aumentando a exigência de importações, caso a produtividade nacional mantenha esse ritmo de crescimento (MAPA, 2013).

Para reverter esse quadro, observa-se um crescimento da utilização de raças especializadas com destaque para a raça Holandesa e seus cruzamentos com outras raças como o Gir Leiteiro (ALMEIDA, 2009), comprovado pelo aumento da comercialização de sêmen de raças leiteiras, que era de 2,4 milhões em 1995, evoluindo para 4,9 milhões de doses de sêmen comercializadas em 2012, sendo a raça Holandesa e Jersey com mais 70% desse mercado (ASBIA, 2013).

A raça Holandesa é a mais utilizada na produção de leite por ser a de maior especialização leiteira e a que foi mais selecionada para essa finalidade. Porém, os animais da raça Holandesa, bem como os animais de todas as demais raças de origem europeia e seus cruzamentos, são mais exigentes em termos de cuidados, de conforto, de manejo e também são os que mais sofrem com as condições tropicais (MIRANDA e FREITAS, 2009).

O uso de tecnologias de climatização vem sendo utilizados na produção leiteira como uma alternativa para minimizar os efeitos das condições desfavoráveis do ambiente sobre o animal (ALMEIDA, 2009).

Dentre esses sistemas de climatização destaca-se o sombreamento como um dos mecanismos mais importantes, pois pode reduzir em até 50% a carga térmica radiante sobre o animal (SOUZA et al., 2010), a ventilação que aumenta a taxa de renovação do ar e elimina o calor produzido pelos animais, favorecendo a perda de calor por via convectiva, e para ambientes em que a umidade relativa do ar, em média não ultrapassa 70%, a utilização da

água apresenta-se como uma estratégia de climatização, uma vez que, a mesma possui alta capacidade calorífica e elevado calor latente de vaporização (NÄÄS e ARCARO JUNIOR, 2001).

O Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) é um sistema, que associa a ventilação, mais a umidificação do ar e vem sendo empregado na climatização de instalações para animais, apresentando resultados satisfatórios na redução da temperatura interna da instalação e melhorando as condições de conforto (ALMEIDA et al., 2010; ARCARO et al., 2006; CAMPOS et al., 2002).

Um dos pontos críticos da ambiência na propriedade leiteira é o curral de espera ou sala de pré-ordenha, anexo à sala de ordenha, que é o local onde vaca permanece em média mais de 15 minutos, duas ou três vezes ao dia, podendo ocorrer o estresse mesmo em períodos de temperaturas moderadas. Os fatores condicionadores do estresse nesse ambiente são a aglomeração dos animais e sua exposição a um ambiente desfavorável (ARMSTRONG, 1994; TURNER et al., 1997).

Para validar uma estratégia de climatização dentro da atividade leiteira, é necessário que essa tecnologia traga benefícios para o ambiente dos animais, o que pode ser avaliado através dos índices de conforto térmico, pois estes apresentam uma alta correlação com as respostas fisiológicas indicadoras de estresse térmico, como frequência respiratória e temperatura retal (AVILA et al., 2013).

A implantação dessas modificações no ambiente deve ser feita visando diminuir o efeito do clima na produtividade, entretanto, deve ser feita uma análise da relação custo benefício destas medidas antes de sua implantação, para que as estratégias de melhoria do ambiente tragam também benefícios econômicos para os produtores (PIRES e CAMPOS, 2004).

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo avaliar diferentes ambientes e sistemas de climatização na sala de espera sobre as variáveis fisiológicas, índices de conforto térmico e desempenho produtivo de vacas cruzadas Holandês x Gir Leiteiro, bem como avaliar o retorno do investimento em relação ao ganho de produtividade dos sistemas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CLIMA E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Segundo Rolim et al. (2007) entende-se clima como as condições atmosféricas médias de certa região influenciando diretamente a maioria das atividades humanas, em especial a agropecuária, definindo sua produtividade. Sendo o mesmo composto por uma série de componentes denominados de elementos climáticos (SILVA, 1994).

Esses elementos climáticos são grandezas meteorológicas que variam com o tempo e o espaço, como exemplo, tem-se a temperatura do ar, a umidade relativa, o vento, a precipitação pluviométrica, a radiação de ondas curtas e longas e a nebulosidade (FERREIRA, 2011).

2.1.1. Temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco

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).

Existem alguns fatores primordiais que influenciam na temperatura do ar, os considerados mais importantes são: latitude, época do ano, hora do dia, altitude, concentração de gases aerossóis e características físicas da superfície do solo (SILVA, 2008).

O efeito da latitude sobre a temperatura está associado ao fato de que, quanto mais próximo um ponto na superfície do globo terrestre estiver da linha do equador, maior será a quantidade de radiação recebida, quanto mais alta a latitude e, portanto, mais próximo se esteja das regiões polares, menor é a incidência de radiação solar, e assim mais baixa serão as temperaturas (BAÊTA e SOUZA, 2010).

O efeito da hora do dia sobre a temperatura é naturalmente devido à rotação da terra e é denominado de variação nictemeral (ciclo exato de 24 horas), sendo que a época do ano influencia devido à inclinação do eixo terrestre em relação ao plano da eclíptica, o que faz com que um determinado ponto da superfície da terra fique em diferentes posições quanto à radiação solar, conforme a localização do planeta na sua órbita (SILVA, 2008).

2.1.2 Umidade Relativa do ar

No processo de evaporação, existe uma atuação das moléculas de vapor sobre a massa líquida. Essa pressão é denominada de pressão de vapor (p_v), contudo, considerando um ambiente fechado onde há água em evaporação, quando o sistema líquido-vapor atingir o equilíbrio o ambiente atingiu a pressão de saturação (p_{vs}) (COSTA, 2003).

Então, a umidade relativa (UR) 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_{vs}), na mesma temperatura, sendo normalmente expressa em porcentagem (LOPES et al., 2008).

$$UR\% = (p_v/p_{vs}) \times 100$$

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 (PIRES e CAMPOS, 2004; FERRO et al., 2010).

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 é um componente significativo do ambiente térmico, exercendo influência acentuada no processo de transferência de calor animal-ambiente. A avaliação completa do conforto animal depende, em grande parte, da quantificação desse fator (SOUZA et al., 2002).

Para medir as grandezas envolvidas nessa quantificação, vários instrumentos específicos são utilizados, dentre os quais se destaca o termômetro de globo negro, que constitui forma prática e eficiente de isolar a temperatura radiante média de outros fatores do ambiente térmico (SOUZA et al., 2002).

2.1.4 Ventos

Vento é o movimento do ar na atmosfera oriundo das diferenças de pressão atmosférica. As causas dessas diferenças de pressão estão relacionadas com a radiação solar e os processos de aquecimento de massas (FERRO et al., 2010).

A radiação solar é convertida em quatro formas diferentes: interna, geopotencial, latente e cinética. A energia interna é a energia proveniente do movimento molecular (ou calor); a energia geopotencial é incrementada quando o ar se resfria e desce em direção à superfície terrestre; a energia latente é representada pela energia estocada na atmosfera no vapor de água; a energia atmosférica total é a soma das três formas acima, contudo, uma parte da mesma é convertida em energia cinética, a qual resulta no deslocamento de massas atmosféricas. Há uma constante transformação de uma forma de energia em outra na atmosfera (SILVA, 2008).

Na produção animal, a movimentação do ar, seja pela movimentação natural ou artificial, é de grande importância, pois a mesma é responsável pela diluição e remoção de contaminantes no ar até limites higienicamente admissíveis. Outro aspecto importante é o efeito benéfico da ventilação na remoção do vapor de água, provenientes da transpiração dos animais dentro de uma instalação (BAÊTA e SOUZA, 2010).

2.2 INTERAÇÃO DOS BOVINOS COM O AMBIENTE

A troca de calor dos bovinos com ambiente se dá por quatro vias básicas: condução, convecção, radiação e evaporação. As três primeiras referem-se às formas sensíveis de transferência de calor e necessitam de um gradiente térmico para seu funcionamento. Quando o ambiente térmico não representa uma situação de desafio para o animal, essas vias representam 75% das perdas de calor, porém, quando a temperatura ambiente se eleva, há uma redução da eficiência das mesmas, e conseqüentemente, o acionamento dos mecanismos de transferência de calor por processos evaporativos (SOUZA, 2008; NOBREGA et al., 2011; COLLIER et al., 2006).

2.2.1 Condução

Na condução, a perda de calor acontece por contato direto entre superfícies, do corpo mais quente para o corpo mais frio. Assim, quando a temperatura da pele é mais elevada do que a do ambiente, o organismo cederá calor às moléculas de ar (PERISSINOTO, 2007).

Isso acontece pelo fato de no fluxo de calor condutivo, uma molécula quente do corpo considerado, choca-se com uma molécula vizinha, com temperatura inferior, e transfere parte de sua energia cinética a esta molécula e assim por diante, tendendo esse processo ao equilíbrio. A condução é a forma de troca de calor sensível que tem menos contribuição no processo de termólise do animal, por necessitar de contato com uma superfície de temperatura inferior (SILVA, 2011).

2.2.2 Convecção

Convecção é um processo de transporte de massa caracterizado basicamente pelo movimento de um fluido devido a sua diferença de densidade, ocorrendo a troca de calor pela circulação de moléculas de ar próximas do corpo, que se aquecem e, por diferença de densidade, se deslocam em direção ascendente alternando com moléculas de ar de maior densidade (menor temperatura), estas entram em contato com a superfície onde serão aquecidas, dando continuidade ao processo de troca térmica (CATTELAM e VALE, 2013).

Em geral, o calor se move por condução através do tecido do animal e atinge um fino filme de ar externo, estático, denominado de camada-limite, a partir do qual ocorre o processo convectivo. Quanto menos espessa for esta camada, maior será o fluxo de calor disponível para dissipação por convecção (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Nesse tipo de troca térmica, dois fatores de grande importância são a movimentação do ar e a extensão da superfície, em temperaturas acima de 25°C, a perda de calor por convecção é marcadamente reduzida e a dissipação de calor vai depender dos processos de evaporação (AZEVEDO e ALVES, 2009; FLAMENBAUM, 1986).

O processo de convecção acontece de duas formas, pela convecção forçada, quando o movimento de fluido é causado por forças mecânicas, como um ventilador por exemplo, e a convecção natural que é causada por diferenças de densidade, que são criadas por gradientes de temperatura na massa de fluido (SILVA, 2008).

2.2.3 Radiação

A radiação consiste na perda de calor pela emissão de raios caloríficos (radiação infravermelha) através do meio, sem que este se aqueça. Tal transferência ocorre no vácuo. Nesta transferência, o fluxo de calor não depende da temperatura do ar, mas da temperatura da pele e da natureza de sua superfície, e acontece sempre do corpo de temperatura maior para o de temperatura menor (FERRO et al., 2010; BACCARI JÚNIOR, 2001).

A emissão da radiação através dos corpos acontece porque os átomos e as moléculas de todos os corpos têm energia interna, sendo parte desta, transformada em energia radiante, emitida. A emissão ocorre como resultado das variações no conteúdo de energia dos corpos, sempre que um corpo recebe energia radiante, há acréscimo na sua carga interna e por essa razão, sua temperatura aumenta da mesma forma, no processo inverso, há redução da temperatura do corpo (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Desta forma, pode se perceber que a troca de calor por radiação sempre ocorrerá, por isso, os estudos em relação aos materiais utilizado na construção de instalações e coberturas, e a radiação emitida por esses, é relevante, visto que o gradiente de temperatura entre esses materiais e os animais irá determinar a eficiência dos processos para favorecer o animal (FERREIRA, 2011).

2.2.4 Evaporação

Quando a temperatura excede a faixa de conforto térmico dos bovinos, o resfriamento não evaporativo deixa de ser efetivo, então estes lançam mão de mecanismos evaporativos para manter o balanço térmico. A evaporação via sudorese e respiração torna-se rota primária de dissipação de calor, correspondendo a 80% do calor perdido pelo animal nessas condições (PIRES e CAMPOS, 2004; MAIA et al., 2009).

A evaporação nos bovinos pode ser de origem cutânea através dos processos de sudação, e respiratória. Ambas são responsáveis por 70% até 100% dos processos de termólise em situações de temperatura na faixa de 30 a 38°C, nesta, a evaporação cutânea é responsável por grande parte das perdas (VILELA, 2008).

Maia et al. (2005a), analisando os mecanismos de adaptação de 15 vacas Holandesas em sistema de pastejo em ambientes tropicais, verificaram que a evaporação cutânea foi responsável por 20 a 30% das perdas calóricas dos animais, quando a temperatura esteve entre 10 e 20°C. Entretanto, quando a temperatura foi maior que 30°C, as perdas por evaporação

cutânea representaram 85% das perdas calóricas, e o restante das perdas se deu por evaporação respiratória.

As perdas pela via respiratória, apesar de serem menores do que as perdas por via cutânea representam um mecanismo relevante de perdas calóricas em ambientes de alta temperatura, a mesma aumenta linearmente com a temperatura do ar até 20°C, depois passa por um crescimento exponencial quando a temperatura está acima de 25°C (MAIA et al., 2005b).

2.3 TERMORREGULAÇÃO E ESTRESSE CALÓRICO EM BOVINOS

Os bovinos são animais homeotérmicos, isto é, são capazes de manter a temperatura corporal independente das variações da temperatura ambiente, para isso o animal lança mão de mecanismos fisiológicos, metabólicos e comportamentais para manter sua temperatura corporal (PERISSINOTO, 2003).

Nos homeotérmicos esse processo é denominado de termorregulação, controlada pelo sistema endócrino e o sistema nervoso que enviam mensagens por meio de fibras sensitivas ou aferentes ao hipotálamo, que processa as informações e envia respostas através de fibras eferentes e neurônios de associação até aos órgãos efetores, que produzem os efeitos necessários à regulação da homeostase (SOUZA e BATISTA, 2012).

Esses impulsos termiais aferentes provêm de receptores distintos para o frio e calor, os quais podem ser periféricos pela pele ou centrais pelos órgãos internos. Também existem receptores termossensíveis localizados nas membranas mucosas, que é mediador da sensação térmica e contribuem para a ocorrência dos reflexos termorregulatórios (BRAZ, 2005).

Existem dois processos de termorregulação: o fisiológico, que é decorrente de mudanças fisiológicas, e o comportamental, em que os animais utilizam métodos comportamentais para equilibrar sua temperatura, sendo este o primeiro nos processos (SOUZA e BATISTA, 2012).

Entretanto, é importante salientar que o acionamento dos mecanismos de termorregulação ocasiona gastos de energia pelo animal, os quais, dependendo da magnitude, podem comprometer o desempenho dos animais (FAÇANHA et al., 2013).

2.3.1 Modificações comportamentais

Os bovinos para manter a temperatura corpórea, reduzem a ingestão de alimentos em até 30%, há também uma significativa redução do tempo gasto ruminando (SIMÕES, 2014), pois muito calor é produzido pela atividade muscular durante a ruminação. Há também mudança no padrão alimentar, do aumento da escolha por concentrados em detrimento da forragem, aumento da frequência de pastejo durante a noite e o aumento do consumo de água (MALAFAIA et al., 2011; GAUCHAN et al., 2002).

Também mudanças de comportamento alimentar foram verificadas por Souza (2008), comparando vacas com e sem acesso a sombra, verificaram que vacas com acesso a sombra passaram maior tempo em ruminação e ócio, as vacas sem acesso a sombra tiveram um tempo de pastejo maior, entretanto, esse maior tempo de pastejo, não foi acompanhado pelo aumento no tempo de ruminação, concluindo-se que, animais com acesso a sombra foram mais eficientes na atividade de pastejo devido a um maior equilíbrio térmico.

Laganá et al. (2005), avaliando as respostas comportamentais em um *freestall* comparando ambiente climatizado e outro sem climatização, verificaram que vacas em um ambiente com temperatura maior aumentaram o consumo de água, e passaram maior tempo deitados no corredor da instalação para aumentar as perdas de calor corpóreo através dos processos condutivos.

2.3.2 Modificações fisiológicas

O primeiro mecanismo fisiológico de adaptação dos bovinos é a vasodilatação periférica seguida pela sudorese, sendo que o terceiro mecanismo é o aumento da frequência respiratória ou taquipnéia, esse processo é seguido pelo aumento da frequência cardíaca (CUNNINGHAN, 1999).

A frequência respiratória é o primeiro sinal visível de resposta ao estresse pelo calor, por ser de fácil monitoramento tem sido utilizada como principal variável fisiológica para análise de ambientes para os bovinos. Outra vantagem dessa variável é a alta correlação com a temperatura do ar durante todas as horas do dia (BROWN-BRANDL et al., 2005).

O aumento da frequência respiratória é uma medida eficiente de perda de calor, entretanto, caso aconteça em períodos prolongados, pode trazer algumas consequências para os animais, como desvio de energia para outros processos metabólicos, redução da ingestão de alimentos e ruminação, e em alguns casos, a ocorrência de alcalose respiratória (VILELA, 2008).

A alcalose acontece porque, devido ao aumento da frequência respiratória, há o aumento do CO₂ eliminado dos pulmões mais rapidamente do que é produzido, o que leva à queda no CO₂ sanguíneo. Para tentar manter a relação CO₂/Bicarbonato (HCO₃) constante no sangue, os rins aumentam a excreção de HCO₃. Com mais CO₂ saindo dos pulmões e mais bicarbonato excretado pela urina, a concentração sérica de bicarbonato é reduzida, tornando o pH do sangue mais alcalino, trazendo consequências para os processos metabólicos dos animais (RICCI et al., 2013).

Segundo Ferreira et al. (2006), a frequência respiratória normal em bovinos adultos varia entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto, mas pode apresentar valores mais amplos. Hahn e Mader (1997) colocam os valores de 18 a 60 mov min⁻¹ para animais em condições de homeostase.

A temperatura corporal do bovino depende da energia térmica estocada por unidade de massa corporal, essa quantidade de energia pode ser aumentada através dos processos de termogênese ou diminuída pelos processos de termólise (VILELA, 2008).

A temperatura retal é a principal variável fisiológica para avaliação da homeostase do animal, pois é o principal indicador de perdas e ganhos de calor metabólico, sendo usada frequentemente como índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (FERREIRA et al., 2006).

Entretanto, Baccari Junior (2001) verificou que, em condições de termoneutralidade a temperatura retal tem uma correlação mais alta com a hora do dia ($r^2=0,96$) do que com a temperatura do ar ($r^2=0,71$). O autor verificou que a partir da 15 horas, a temperatura do ar começou a cair, enquanto a temperatura retal não apresentou o mesmo comportamento, mostrando assim que a temperatura retal sofre maior influência dos processos metabólicos do organismo animal do que da temperatura do ar.

Segundo Martello et al. (2004), a temperatura retal média para bovinos com mais de um ano de idade é de $38,5 \pm 1,0^\circ\text{C}$, esta temperatura é mantida mediante regulação cuidadosa do equilíbrio entre a produção de calor e sua liberação pelo organismo.

Existe uma pequena variação desse indicador em algumas literaturas como: 38,1 a 39,1°C para Ferreira et al. (2006); 38 a 39,5°C de acordo com Dupreez (2000); ou ainda 38,0°C a 39,0°C segundo Perissinoto (2007).

Um dos principais meios de proteção térmica entre os mamíferos é o pelame, sendo uma barreira ao fluxo de calor por meio do isolamento proporcionado pela sua estrutura física e pelo tipo de fibra, mas principalmente pelas camadas de ar aprisionadas entre os pelos. A

temperatura do pelame está diretamente correlacionada com a cor do mesmo, pois o pelame branco tem maior capacidade de reflexão e o pelame negro maior capacidade de absorção da radiação solar (SILVA FILHO, 2013).

Para definir o tipo de pelame ideal para bovinos em regiões tropicais é necessário considerar o sistema de criação. O ideal seria animais que apresentem uma capa de pelame branco, com pelos bem assentados sobre uma epiderme pigmentada, contudo, isso não é possível nos animais da raça Holandesa, visto que nessa raça, malhas de pelagem branca cobrem áreas de pele despigmentadas e as de pelagem preta, áreas pigmentadas (SILVA et al., 1988).

A temperatura do pelame tem grande importância nas trocas térmicas dos animais, pois quando a temperatura do pelame do bovino é maior do que a do ambiente onde ele se encontra, o organismo cede calor às moléculas de ar, iniciando os processos de trocas térmicas através da convecção. Assim, quando mais baixa a temperatura do pelame maior será a intensidade das trocas térmicas, e conseqüentemente, melhor o conforto térmico dos animais (BACARRI JUNIOR, 2001; ARCARO JUNIOR et al., 2005).

A temperatura da superfície do pelame geralmente é medida nas diversas regiões do corpo dos animais (cabeça, pescoço, flanco, garupa, cernelha e barriga), utilizando um termômetro de infravermelho (SILVA FILHO, 2013).

A coleta de temperatura superficial em vários pontos é justificada, pelo fato do corpo do animal apresentar variações de temperatura, devido a atividades metabólicas distintas. A temperatura da pele desses animais pode variar de 31,6°C a 34,7°C em algumas partes do corpo, sem que isso represente estresse térmico no animal (SILVA, 2000; MARTELLO et al., 2002).

Diversas metodologias têm sido utilizadas para a coleta da temperatura do pelame dos bovinos. Conceição (2008) coletou a temperatura do pelame somente na região do dorso do animal e nas áreas de pelame negro, essa mesma metodologia também foi utilizada por Martello et al. (2004) e Matarazzo (2004). Amaral (2008) coletou na região dorsal, porém, nas malhas brancas e negras. Já Navarini et al. (2009) coletaram a temperatura de pelame na região dorsal, sem especificar a cor da pelagem. Kasama et al. (2008) usaram a terminologia “região do costado” sem maiores especificações. Arcaro Junior et al. (2005) coletaram as temperaturas superficiais de cabeça, dorso e glândula mamária.

Barbosa (2012), avaliando o efeito do sombreamento em bezerras mestiças ½ sangue Holandês x Jersey, coletou a temperatura na região dorso-lombar, costado e garupa, e posteriormente, realizou a média dessas temperaturas.

Pinheiro et al. (2005) propuseram uma média ponderada, de quatro pontos de coleta no corpo do bovino, para quantificar a temperatura do pelame do animal. Os pontos de coleta e seus respectivos pesos na média são: cabeça 10%, dorso 70%, canela 12%, úbere 8%, entretanto, os autores não justificam essa ponderação. Essa metodologia foi repetida por Silva et al. (2011) e Almeida et al. (2010).

2.4 ZONA DE CONFORTO TÉRMICO

Existe uma faixa de temperatura ambiente dentro da qual o animal apresenta metabolismo mínimo, sem demonstrar quaisquer sintomas de desconforto térmico, não ativando os mecanismos físicos e químicos de termorregulação. Essa faixa é denominada de Zona de Termoneutralidade (ZTN) ou Zona de Conforto Térmico (ZCT), de acordo com Souza (2008).

Observando a Figura 1 que representa as faixas de temperatura que influenciam a homeostase do animal, verifica-se que a zona de conforto térmico é limitada pelas temperaturas efetivas ambientais A e A'; a zona de moderado conforto ou de variação nula na produção de calor corporal B e B'; a zona de homeotermia pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos C e C'; e a zona de sobrevivência pela temperaturas efetivas ambientais dos pontos D e D' (BAÊTA e SOUZA, 2010).

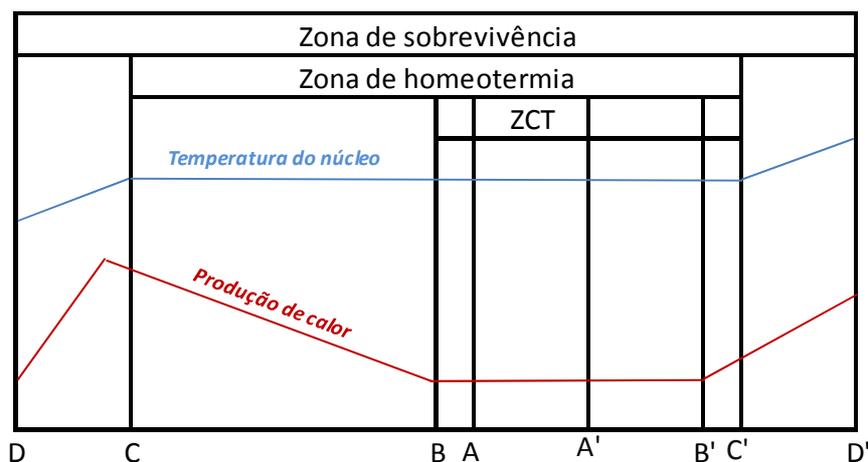


FIGURA 1. Representação esquemática simplificada das temperaturas ambientais críticas. Adaptado de Baêta e Souza (2010).

A Zona de moderado Conforto Térmico tem como limites a temperatura crítica inferior (TCI), que é representado pelo ponto B, e a temperatura crítica superior (TCS), que é representada pelo ponto B', abaixo da temperatura crítica inferior, o animal inicia processos para manter a temperatura, ou seja, produção de calor; e acima da temperatura crítica superior, o animal aciona mecanismos termorregulatórios para perder calor (AZEVEDO e ALVES, 2009).

Existe uma variação na literatura sobre a temperatura crítica superior e inferior, que delimitam a faixa de termoneutralidade para os bovinos, pois o conforto térmico depende também da umidade relativa do ar, velocidade do vento, da capacidade adaptativa do animal, do metabolismo e do período produtivo (RICCI et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013).

Perissinotto e Moura (2007) avaliaram que a zona de conforto térmico para vacas Holandesas em lactação, em termos de temperatura do ar, varia de 4 a 26°C, para vacas zebuínas a temperatura crítica superior pode variar entre 30°C e 35°C (BIANCA, 1965).

Dikmen e Hansem (2009), baseando-se na avaliação de hipertermia através da temperatura retal, colocaram o valor de 28,4°C para temperatura crítica superior, sendo que Berman et al. (1985), avaliando vacas da raça Holandesa em lactação em Israel, estipularam o valor de 25°C para temperatura crítica superior.

Quando há uma combinação de variáveis ambientais em que a temperatura efetiva do ambiente é mais elevada que a faixa de temperatura da zona termoneutra do animal, acontece o estresse calórico (THATCHER et al., 2010).

2.5 ESTRESSE CALÓRICO

O estresse calórico acontece quando as altas temperaturas aliadas à alta produção de calor metabólico resultam em um estoque de calor corporal excedente, e o animal não consegue eliminar esse excedente para o ambiente (AZEVEDO e ALVES, 2009).

Esse fator depende principalmente da oscilação da temperatura durante o dia e a noite. Se a temperatura a noite não for menor que 21°C por um tempo de três a seis horas, o animal não tem capacidade suficiente de perder todo o calor que foi adquirido durante o dia anterior (SILANIKOVE, 2000).

No metabolismo animal, a homeotermia aparece como prioridade à frente das funções produtivas, desta forma, um dos pontos comprometidos devido ao estresse calórico são a produção leiteira e a reprodução (SILVA FILHO, 2013).

A influência do estresse térmico na produção de leite se deve principalmente pela redução na ingestão de alimentos, hipofunção da tireoide e pela energia despendida para eliminar o excesso de calor corporal. Quanto maior a intensidade do estresse térmico, maior será a redução no consumo de alimentos, isso se deve principalmente à inibição, pelo calor, do centro do apetite localizado no hipotálamo (SILVA et al., 2012).

De acordo com Passini et al. (2009), estudando vacas mantidas em estresse térmico (31,5°C) ou em conforto (19,1°C), observaram redução de 22% no consumo de matéria seca total nos animais submetidos ao estresse, quando comparados aos mantidos em temperatura de conforto, relatando ainda reduções de 24% no consumo de fibras em detergente neutro e 21% para Nutrientes Digestíveis Totais nas condições de estresse térmico, além da redução da digestibilidade da proteína bruta, amido e energia bruta na ordem de 55%, 44% e 52%, respectivamente.

Martello et al. (2010), avaliando a sazonalidade da produção de leite em decorrência das mudanças climáticas das estações ao ano verificaram que a produção na primavera, verão e inverno foi respectivamente de 25,2; 19,6 e 23,7 Kg dia⁻¹, respectivamente, sendo maior na primavera e menor no verão.

2.6 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Tradicionalmente utilizava-se somente a temperatura do ar para o controle do ambiente, essa metodologia apresentava problemas por não se tratar de um método interativo com as necessidades dos animais, pois a temperatura do ar exclusivamente, não representa o ambiente térmico como um todo (PERISSINOTO, 2007).

O objetivo dos índices de conforto térmico é apresentar em uma única variável, a síntese de diversos fatores que caracterizam o ambiente térmico, por isso comparações de desempenho entre diferentes modelos de instalação, em razão do grande número de variáveis envolvidas, são facilitadas pelos índices de conforto térmico (SOUZA, 2008; ARAUJO, 2001).

2.6.1 ITU

O ITU ou Índice de Temperatura e Umidade reduz em um único valor os efeitos associados da temperatura do ar e umidade relativa. É o índice mais utilizado pela maioria dos

pesquisadores para avaliação do conforto em animais, já que é de fácil obtenção (BUFFINGTON et al., 1981).

Diferentes metodologias para cálculo do ITU, com diferentes coeficientes de temperatura de bulbo seco e umidade tem sido propostas, alguns índices integram a umidade relativa do ar através da temperatura de bulbo úmido (THOM, 1959; BIANCA, 1962), outros usam a temperatura de ponto de orvalho (YOUSEF, 1985).

Esses índices diferem em sua capacidade para detectar o estresse térmico. Índices com pesos maiores na umidade são mais adequados para climas úmidos, por outro lado, em climas onde a umidade não atinge níveis que possam comprometer o resfriamento evaporativo, os índices com maior ênfase na temperatura ambiente são preferíveis (BOHMANOVA et al., 2007).

O índice de temperatura e umidade (ITU) mais utilizado foi desenvolvido originalmente por Thom (1959) para estimar a sensação de conforto térmico de humanos em diferentes temperaturas e umidades relativas do ar, sob baixas velocidades do vento.

Existe uma divergência sobre o limite crítico do ITU para bovinos leiteiros. Pires e Campos (2004) sugerem a seguinte classificação, de acordo com os valores observados:

- Menores ou igual 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 a produção de leite (nesta faixa o desempenho produtivo está comprometido);
- 79 a 82: perigo (todas as funções orgânicas dos animais estão comprometidas);
- Acima de 82: emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

Thatcher et al. (2010) reportam valores maiores, avaliando que ITU menor que 72 corresponde à faixa de termoneutralidade para os bovinos, e somente quando o ITU for superior a 88 é que o ambiente poderia ser classificado como emergência.

Já Campos et al. (2002), avaliando os valores críticos para vacas em lactação, observaram que, valores abaixo de 70 não comprometiam o conforto térmico, porém, o ITU acima de 75 causou redução na produção de leite e ingestão dos alimentos.

Entretanto, novas pesquisas vêm demonstrando que vacas de alta produção começam a reduzir a produção de leite com ITU de aproximadamente 68. Esses valores foram

encontrados por Zimbelman et al. (2009) e comprovados por Dalcin (2013), os quais relataram que vacas Holandesas entram em estresse térmico com ITU abaixo de 72.

Embora o ITU seja o índice mais utilizado, ele pode não descrever completamente o nível de estresse calórico 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; DAVIS e MADER, 2003).

2.6.2 Temperatura de globo negro

A temperatura de globo negro (Tgn) é uma variável que é utilizada para cálculo de alguns índices, entretanto, a mesma pode ser utilizada para comparação de ambientes, pois em uma só resposta a combinação dos efeitos da temperatura do ar, temperatura radiante e velocidade do vento, avaliando assim os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência no organismo vivo (ARAUJO, 2001; KELLY e BOND, 1971).

Para medir essa variável utiliza-se o termômetro de globo negro, que consiste em uma esfera oca de cobre, com diâmetro 0,15 m e espessura 0,5 mm, pintada externamente com tinta preta fosca, no interior da qual é adaptado um sensor de temperatura (SOUZA et al., 2002).

Esse termômetro foi desenvolvido por Vernon em 1932, no sentido de se obter os efeitos combinados da energia radiante procedente do meio, em todas as direções possíveis, dando assim uma medida mais precisa do conforto térmico proporcionado pelo ambiente (SILVA, 2000).

Para os valores de Tgn, consideram-se as temperaturas entre 7 a 26°C como a zona de conforto para vacas em lactação, entre 27 a 34°C uma situação regular, e acima de 35°C considera-se uma temperatura crítica (MOTA, 2001).

2.6.3 ITGU

O ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade) foi desenvolvido por Buffington et al. (1981). Os autores partiram da fórmula de cálculo do ITU substituindo a temperatura ambiente, ou temperatura de bulbo seco, pela temperatura de globo negro, no sentido de avaliar melhor o ambiente de vacas leiteiras expostas à radiação solar direta e indireta.

O ITGU tem sido utilizado com grande frequência nas pesquisas brasileiras, visto que os sistemas de criação para produção de leite são geralmente caracterizados por instalações semi-abertas, as quais permitem que o animal tenha acesso a uma área de piquete, normalmente descoberta (ROMA JUNIOR et al., 2001).

De acordo com a National Weather Service (EUA), os valores de ITGU até 74 definem condições de conforto para bovinos, entre 75 e 78 a situação é de alerta, entre 79 e 84 caracterizam perigo, e acima deste, a situação é de emergência (BAÊTA e SOUZA, 2010).

2.6.4 CTR

A Carga Térmica de Radiação (CTR) é um índice que combina a energia térmica radiante, procedente do meio ambiente em todas as direções possíveis, a temperatura do ar e a velocidade do vento, dando assim uma medida do conforto térmico, desde que se suponha não haver trocas térmicas por evaporação entre o ambiente e o animal (CONCEIÇÃO, 2008).

Para que se possa quantificar a radiação trocada pelo animal, temos de reduzir a complexidade estrutural do ambiente a uma superfície padrão, o que se consegue supondo que o animal esteja no centro de um envoltório esférico grande com uma superfície negra de temperatura conhecida, denominada de TMR. A TMR é a temperatura média radiante de todas as superfícies ao redor de um animal em um determinado local. Esse animal recebe dessas superfícies uma quantidade de energia denominada CTR (SILVA, 2000).

Os fatores que influenciam a CTR nas instalações são a orientação azimutal da construção, altura do pé direito, localização sob o abrigo, existência de paredes e material de cobertura. A CTR engloba a radiação incidente no corpo, e não considera a troca líquida de radiação entre o corpo e o meio circundante (SILVA, 2000).

2.6.5 ICT

O Índice de Carga Térmica (ICT) foi desenvolvido em 2002, e assim como o ITGU, considera a taxa de radiação pelo uso da temperatura de globo negro, a umidade relativa e a velocidade do vento. Posteriormente, o mesmo autor revisou o índice e estabeleceu duas equações baseadas no limiar de ofegação, a partir da análise de bovinos da raça Angus em ambientes sem sombreamento, resultando em uma fórmula que tem como condicionante a temperatura de globo negro a 25°C (GAUGHAN et al., 2002; GAUGHAN et al., 2008).

Silva et al. (2007) avaliaram a eficiência de seis índices bioclimáticos, através de suas correlações com frequência respiratória e temperatura retal, em um rebanho de 359 vacas Holandesas e 54 vacas Jersey. O índice de carga térmica (ICT) proposto pela metodologia de Gaughan et al. (2002) foi o índice que apresentou maior correlação com a frequência respiratória ($r^2= 0,542$) e a segunda maior correlação com temperatura retal ($r^2= 0,286$), sendo considerado melhor que os outros cinco índices para avaliar ambientes tropicais para bovinos leiteiros.

O autor estabeleceu valores para classificação do ambiente de acordo com o ICT, sendo: menor que 89 - ambiente em situação climática normal para os bovinos, 89 a 92 - ambiente exige cautela, 92 a 95 - ambiente de extrema cautela, e com ICT maior que 95 - situação de perigo para os animais.

2.6.6 Entalpia

A Entalpia (H) pode ser definida como uma propriedade física que determina a quantidade de energia armazenada nas substâncias. Determina-se a entalpia do ar através da temperatura do ar e a quantidade de vapor contida, quanto maior o valor de entalpia maior a quantidade de energia presente no ar e, conseqüentemente, maior desconforto encontrado pelos animais, pois a mesma esta diretamente relacionada com as perdas de calor pelos processos evaporativos (CONCEIÇÃO, 2008).

Para se chegar aos valores críticos de entalpia, parte-se do valor crítico da temperatura de bulbo seco (26°C) e do valor crítico da umidade (70%). Então, nessas condições, o valor de entalpia seria de $67,4 \text{ KJ Kg}^{-1}$ (BARBOSA FILHO et al., 2007; ARAUJO, 2001).

2.8 ESTRATÉGIAS PARA REDUZIR O EFEITO DO ESTRESSE

2.8.1 Cruzamento para melhorar a adaptabilidade

O rebanho bovino existente nas regiões tropicais e subtropicais é relevante, porém apresenta baixo desempenho produtivo. Uma das estratégias adotadas para aumentar a produtividade nessas regiões foi a importação de raças especializadas originárias de clima temperado, que são mais exigentes em termos de ambiência. Desta forma, a utilização de cruzamentos, dessas raças com animais adaptados de raças zebuínas, foi preconizada como

forma de melhorar, tanto a produção, como a adaptação dos animais aos trópicos (AZEVEDO e ALVES, 2009; FAÇANHA et al., 2013).

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).

Justifica-se o cruzamento de raças taurinas altamente produtivas com os animais de origem zebuína, devido à adaptabilidade que estas possuem ao ambiente. Dentre as características que fazem com que esses animais sejam mais adaptados estão: maior superfície corporal, membros mais longos e irrigados, maior número de glândulas sudoríparas, e conseqüentemente, melhor capacidade de sudação (CATTELAM e VALE, 2013; PEREIRA et al., 2008).

Azevedo et al. (2005), avaliando a variação da temperatura crítica superior em relação à variação de grupos genéticos, utilizando diferentes proporções sanguíneas do cruzamento Holandês x Gir ($\frac{3}{4}$, $\frac{5}{8}$ e $\frac{7}{8}$), encontraram valores críticos de ITU respectivamente de 79, 77 e 76, considerando o valor de frequência respiratória normal de 60 mov min^{-1} . No mesmo experimento, considerando a variação normal de temperatura retal, os valores críticos de ITU foram respectivamente de 80, 77 e 75, concluindo que animais com maior proporção de sangue Gir possuem uma maior tolerância ao estresse calórico.

2.8.2 Sistemas de climatização para bovinos leiteiros

Existem diversos trabalhos comprovando os efeitos negativos do estresse térmico sobre a produção de leite, reprodução e susceptibilidade a doenças; por isso diversas modificações ambientais podem ser introduzidas visando diminuir a temperatura sobre os animais. Os métodos mais utilizados 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).

2.8.2.1 Sombreamento

A proteção física da radiação solar direta com sombreamento é a estratégia que apresenta o melhor custo benefício para aumentar o desempenho e o bem estar dos animais em ambientes quentes (GAUGHAN et al., 2002).

O sombreamento vai proteger os animais da exposição de ambientes de maior temperatura radiante, e vai expô-los a um local de temperatura mais baixa que a da superfície corporal, favorecendo a perda de energia térmica por radiação (LOPES, 2009).

Existem dois tipos de sombreamento, o natural feito com a utilização de árvores, e o artificial, que utiliza diferentes tipos de materiais para cobertura, 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).

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 necessário uma climatização adicional em ambientes quentes e úmidos (COLLIER et al., 2006).

2.8.2.2 Água para climatização

O uso da água para climatizar ambientes apresenta-se como um mecanismo eficiente de retirada de calor, devido à sua alta capacidade calorífica ($4,2 \text{ KJ Kg}^{-1}$) e seu alto calor latente de vaporização (540 cal g^{-1}) (SILVA, 2008).

Outra vantagem é em relação ao molhamento do animal, se deve pelo fato dos animais terem uma capacidade natural de dissipar calor por evaporação através da transpiração, desta forma, o molhamento da pelagem e pele vai trazer benefício adicional a esse processo, que depende da umidade relativa do ar para uma melhor eficiência, bem como da movimentação do ar. Quanto menor a umidade relativa e maior movimentação do ar, mais rápida será a evaporação e mais eficiente o processo (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Igono et al. (1987), em uma pesquisa realizada no Estado da Columbia (EUA), verificaram que, mesmo em ambientes com calor moderado, onde os valores de ITU estavam um pouco maiores que os limites que representam homeotermia para os animais (78,3 as

16:00 horas e 69,9 na média diária), a utilização de aspersão melhorou a produção em 2,0 Kg vaca dia.

Legrand et al. (2011), avaliaram o uso voluntário de água por vacas não lactantes, sendo disponibilizado para 12 animais uma instalação com dois chuveiros, que eram acionados automaticamente pelos animais quando eles entravam no ambiente. Os autores encontraram uma variabilidade grande no tempo de uso do equipamento, relatando uma média de $3 \pm 2,1$ horas por dia. Apesar da variabilidade, a utilização dos chuveiros pelos animais aumentou 0,3 horas a cada acréscimo de 1°C na temperatura do ambiente.

Schütz et al. (2011), também avaliando o uso voluntário de chuveiros por vacas Holandesas, dando aos animais a possibilidade de escolha de três ambientes: ambiente sem climatização, ambiente sombreado e ambiente com chuveiros, reportaram que, mesmo que a utilização de chuveiros fosse mais eficiente na redução das variáveis fisiológicas, as vacas optaram, em maior número, pelo ambiente sombreado do que pelo ambiente com aspersores (62% e 38%, respectivamente). Os resultados podem ser justificados, pela baixa temperatura durante o experimento ($22,3^{\circ}\text{C}$), entretanto, os autores sugerem mais pesquisas em relação aos sistemas de aspersão, no sentido de reduzir algum incômodo que os mesmos possam causar aos animais.

2.8.2.3 Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE)

O Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) tem por princípio a melhoria do ambiente através da aceleração das trocas convectivas pelo processo de ventilação. O ar entra em contato com uma superfície umedecida ou líquida; a pressão de vapor do ar insaturado a ser resfriado é menor que a da água de contato, fazendo com que ocorra a vaporização da água e a umidificação do ar, sendo esse processo contínuo até que o ar esteja saturado (MATARAZZO, 2004).

A eficiência desse sistema é dependente da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido (pressão psicrométrica). Ambientes com temperaturas elevadas e baixa umidade, onde existe uma grande diferença entre essas duas temperaturas, o SRAE apresenta uma maior eficiência (ARCARO JÚNIOR et al., 2006).

Os sistemas de resfriamento evaporativo podem ser agrupados em “mist” (nebulização de baixa a média pressão), “fog” (nebulização de alta pressão), “sprinkling” (aspersão) e “pad colling”, que é um sistema composto por placas evaporativas. O sistema de

ventilação e nebulização produz uma névoa que permanece em suspensão no ar e evapora antes de ser depositada no piso da instalação. Já no sistema de ventilação e aspersão, o tamanho da gota de água é maior, podendo se depositar no piso, pelagem e pele dos animais. A aspersão constante tende a manter a atmosfera saturada (PINHEIRO, 2012).

Ao contrário dos outros sistemas, que tem como principal função o arrefecimento do ar, o sistema “sprinkling” ou aspersão busca molhar a epiderme do animal, no intuito de melhorar a perda de calor por evaporação e convecção, permitindo que esse processo seja mais eficiente do que quando a evaporação se dá apenas devido ao suor (PERISSINOTO et al., 2006).

A vantagem desse sistema sobre o sistema de nebulização é que a aspersão, em função do tamanho das gotas, permite uma penetração de água maior na pelagem, enquanto que nos sistemas de nebulização as gotículas de neblina tendem a permanecer na superfície da pelagem, tendo menor efeito na redução da temperatura superficial do animal (FLAMENBAUM et al., 1986).

Além da climatização o sistema de aspersão pode apresentar outros benefícios, como por exemplo, uma observação empírica de redução do número de insetos nos animais, fato comprovado por Kendall et al. (2007) e Shutz et al. (2011), que observaram a redução no comportamento abanar a cauda e tremores de pele, tentando evitar o pouso de insetos.

2.8.3 Climatização em sala de espera

A sala de espera é o local onde os animais tem uma maior sensação de estresse térmico, pois esse é um ambiente onde os animais permanecem em média de 15 a 75 minutos antes de entrar na sala de ordenha. Os fatores condicionadores de estresse nesse ambiente são a aglomeração dos animais e sua exposição a um ambiente desfavorável (COLLIER et al., 2006; ARMOSTRONG, 1994; TURNER, 1997; LIMA et al., 2007).

A sala de espera ou curral pré-ordenha é de vital importância no processo produtivo, visto que, situações estressantes, ocorridas antes ou durante a ordenha, induzem a secreção de adrenalina pela glândula suprarrenal, e esta tem ação contrária a ocitocina, que é a responsável pelo processo de ejeção do leite nos bovinos durante a ordenha. Essa retenção de leite implica em perdas produtivas e aumenta a ocorrência de mastites, pois favorece a proliferação de microrganismos no úbere em função do leite retido (PERISSINOTO, 2007; BRUCKMAIER et al., 1993).

A climatização nesse ambiente vem apresentando resultados significativos. Cerutti et al. (2013) avaliou o efeito do SRAE com aspersão mais sombreamento na pré-ordenha, verificando uma significativa melhora no ambiente de espera com redução do valor do ITU de 79,76 para 71,34, o que culminou com um aumento de produção de leite de 12,4% em relação aos animais que não foram submetidos ao tratamento.

Gallardo et al. (2005), avaliando efeito da dieta e da climatização na sala de espera por aspersão e ventilação, verificaram um aumento na produção de leite em Kg por animal por dia de 1,18 Kg nos animais sem restrição a dieta e que utilizaram sistema de aspersão e ventilação na sala de espera, o que representou um acréscimo de 5% em relação à testemunha.

Arcaro Junior et al. (2003), avaliando sistemas de climatização para sala de espera com aspersores e ventiladores relataram que, apesar de não haver diferença estatística entre o tratamento controle e climatizado, houve um aumento de 3,4% (0,73Kg) na produção de leite para o sistema climatizado.

Silva et al. (2002), estudando o efeito da climatização por nebulização mais ventilação em sala de espera por 40 minutos, observaram que o SRAE reduziu a temperatura de bulbo seco em 2,53°C e a temperatura de globo negro em 2,36°C, o que refletiu em redução dos valores de ITU, ITGU, CTR respectivamente de 3%, 3% e 4%, como consequência houve um aumento na produção do leite de 7,28%.

Almeida et al. (2010), em estudos com climatização da sala de espera por um SRAE, composto por cinco linhas de nebulização mais ventilação, variando o tempo de espera nesse ambiente (0 min, 10 min, 20 min e 30 min), reportaram que a climatização por 30 min reduziu significativamente as variáveis fisiológicas, o que resultou em ganhos produtivos, aumento de 4,35% na produção comparando com tratamento 0 min, e ganhos econômicos, com acréscimo na receita mensal de R\$ 1.266,84, de acordo com rebanho da propriedade.

Silva et al. (2011), em pesquisa semelhante, mas com variação em relação ao tempo de permanência na sala de espera (0 min, 20 min, 30 min e 40 min), verificaram que a permanência dos animais por 40 minutos proporcionou um aumento de 3,66% na produção de leite, em comparação com o grupo controle, o que gerou um acréscimo mensal na receita de R\$ 1.992,67.

Barbosa et al. (2004) utilizaram aspersores, antes e após a ordenha, e observaram que essa climatização no período de ordenha, associado com acesso a sombreamento pós-ordenha, reduziu a frequência respiratória em 26%, tendo um aumento na produtividade de 6% devido aos sistemas de climatização.

2.9 AVALIAÇÃO ECONÔMICA PARA VIABILIDADE DO SISTEMA

Busca-se na atividade leiteira uma maior conscientização dos produtores no sentido de administrarem eficientemente a atividade, tornando-a mais competitiva e buscando maior rentabilidade. Estudos com a finalidade de determinar o custo e a rentabilidade dos processos proporcionam aos produtores subsídios para a tomada de decisões (FERREIRA et al., 2004).

A avaliação zootécnica dos resultados de pesquisa sempre deve ser acompanhada de uma análise econômica, de maneira que o produtor possa ter uma certa garantia de retorno do capital investido, evitando-se assim uma ocorrência não-rara da adoção, e posterior abandono de determinadas tecnologias, em razão da não-obtenção dos resultados econômicos esperados (FERREIRA e MIRANDA, 2007).

O desempenho técnico-econômico da atividade leiteira pode ser avaliado por vários índices técnicos e econômicos, os principais indicadores utilizados têm sido a margem bruta, a margem líquida e a taxa de retorno sobre o investimento, que é o percentual resultante entre a margem líquida e o capital investido (OLIVEIRA et al., 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no Sítio Só Elétrica localizado no município de Trindade-GO, com latitude 16°38'58'' sul e longitude 49°29'20'' oeste e altitude de 756 metros. Segundo Silva (2006), a região possui a classificação climática de Köppen do tipo AW (tropical úmido), caracterizado por duas estações bem definidas, estação chuvosa (verão) e outra seca (inverno), temperatura média anual de 23,2°C, velocidade média dos ventos de 3,7 Km h⁻¹ e umidade relativa do ar média de 66%.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

Na época do experimento a propriedade adotava o sistema de produção intensiva, onde os animais permaneciam em piquetes de grama Tifton 68, com dimensão de 0,753 a 1,320 hectares, providos de cocho, sombra e bebedouro, como pode ser observado na Figura 2.



FIGURA 2. (a) Área de cocho e (b) área de sombra dos animais em um dos piquetes da propriedade.

A dieta foi composta por silagem de milho e concentrado comercial na proporção 80:20, na forma de mistura completa, sendo oferecida logo após as duas ordenhas do dia. A composição dos ingredientes da dieta, bem como os níveis mínimos de Proteína Bruta (PB) e Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) ingeridos estão na Tabela 1.

TABELA 1 - Composição química dos ingredientes da dieta, seus valores na matéria original, matéria seca, teor de proteína e NDT e a quantidade de ingestão dos mesmos pelos animais.

Ingredientes	MO (Kg)	MS (Kg)	PB (%)	NDT (%)	PBI (Kg)	NDTI (Kg)
Silagem de milho	38,00	11,40	7,5	64	0,85	7,29
Farelo de soja	3,05	2,74	46,0	82	1,26	2,24
Gérmem de milho	4,95	4,45	12,0	94	0,53	4,18
Núcleo mineral	0,25	0,24	0	0	0	0
TOTAL	45,99	18,83			2,64	13,71

MO- Matéria Original, MS – Matéria Seca, PB – Proteína Bruta, NDT- Nutrientes Digestíveis Totais, PBI – Proteína Bruta Ingerida, NDTI – Nutrientes Digestíveis Totais Ingeridos.

O sistema de ordenha da propriedade era mecanizado, classificado como ordenha de linha baixa com oito conjuntos, tipo espinha de peixe com um fosso central. A pressão da ordenha estava regulada em 44 Kpa, e o tempo médio de ordenha era de 5 minutos.

3.2 ANIMAIS DO EXPERIMENTO E TRATAMENTOS

Foram selecionadas 16 vacas em lactação, de composição genética $\frac{7}{8}$ Holandesa + $\frac{1}{8}$ Gir Leiteiro, sendo homogêneas em relação às seguintes características: produção leiteira (20 kg \pm 5 Kg), peso (550 \pm 50 Kg), estágio de lactação (120 \pm 40 dias) e número de lactações (2 a 4).

Os animais foram divididos aleatoriamente em quatro grupos e foram identificados por brincos com a numeração de cada animal e por colares de cores distintas para cada grupo.

Os tratamentos foram quatro tipos de ambientes para a sala de espera:

SOL - Ambiente sem nenhum tipo de climatização (Testemunha);

SOM - sombreamento em malha de polipropileno, com 80% de proteção;

SOM+ASP - sombreamento em malha de polipropileno (80%), mais aspersão;

SOM+ASP+VEN - Sombreamento em malha de polipropileno (80%), mais aspersão e ventilação.

3.3. DELINEAMENTO E PERÍODO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um delineamento em Quadrado Latino 4x4, sendo 4 grupos de 4 animais cada (G1, G2, G3, G4), em 4 períodos experimentais (P1, P2, P3, P4), nos quais se

aplicam os tratamentos, totalizando 16 repetições. Os 16 animais foram distribuídos aleatoriamente nos 4 grupos experimentais (SILVA, 2011; ALMEIDA, 2009). A Figura 3 apresenta a distribuição dos grupos de animais, nos respectivos períodos e tratamentos.

Tratamentos (Ambientes)	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
	20/10 a 26/10	03/11 a 09/11	17/11 a 23/11	01/12 a 07/12
SOL	Grupo 2	Grupo 4	Grupo 3	Grupo 1
SOM	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 4	Grupo 2
SOM+ASP	Grupo 4	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 3
SOM+ASP+VEN	Grupo 1	Grupo 3	Grupo 2	Grupo 4

FIGURA 3. Esquema do delineamento estatístico utilizado no experimento.

O experimento foi realizado entre os dias 13 de outubro a 7 de dezembro de 2014 (durante a primavera), em um total de 56 dias. Os tratamentos foram aplicados em 4 períodos, de 14 dias cada. Os primeiros 7 dias de cada período foram utilizados para adaptação dos animais aos diferentes ambientes, e os 7 dias posteriores para a coleta dos dados: variáveis meteorológicas e dados fisiológicos, em seus respectivos tratamentos. O período de adaptação de sete dias também foi utilizado por Perissinoto et al. (2006), Silva (2011) e Almeida (2009).

3.3 INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS

Para a construção da sala de espera foi utilizada uma estrutura de perfil enrijecido (75x40x15 mm) de chapa de ferro dobrada, e para cobertura, na parte superior, foi colocado uma estrutura de metalon (30x40 mm).

A sala foi construída com as dimensões de 12,00 x 4,90 m, num total de 59 m², com 3,5 m de pé direito (ANEXO A). Foi utilizado como material de cobertura a malha de polipropileno, com 80% de proteção da radiação solar. Foram colocadas duas camadas e fixadas com abraçadeiras plásticas (tipo nylon). O piso da sala era revestido por bloquetes de cimento, aproveitando a benfeitoria já existente na propriedade, como mostra a Figura 4. As dimensões do ambiente estão de acordo com a Embrapa (2005) e Smith et al. (1997), que recomenda a sala de espera com 2,35 m² por vaca.



FIGURA 4. Vista de um grupo de animais na sala de espera, com estrutura de chapa dobrada e cobertura de malha de polipropileno (sombrite).

3.4 SISTEMA DE ASPERSÃO E VENTILAÇÃO

Para o sistema de ventilação foram instalados dois ventiladores da marca GRANTEX® com um metro de diâmetro, velocidade do ar de 3 m s^{-1} (a distância de 10 metros do ventilador), monofásico com hélices em PMA nylon, vazão de ar de $330 \text{ m}^3/\text{min}$, motor de 0,5 cv com rotação de 1100 RPM. Os mesmos foram instalados na face sul da sala de espera, com altura de 2,5 metros (medidos a partir do centro do equipamento), com uma inclinação em relação a vertical de 30° direcionados para o piso.

O sistema de aspersão foi composto por uma linha de PVC de 25 mm, com 6 microaspersores do tipo bailarina, com bocal de 1,2 mm e vazão média de 66 litros por hora, com uma distância de 2,40 metros entre os bicos. O sistema era acionado por uma bomba centrífuga periférica ICS-50 Eletroplas® de 0,5 cv, estando conectado a uma caixa d'água 500 litros de Polietileno, como pode ser observado na Figura 5.

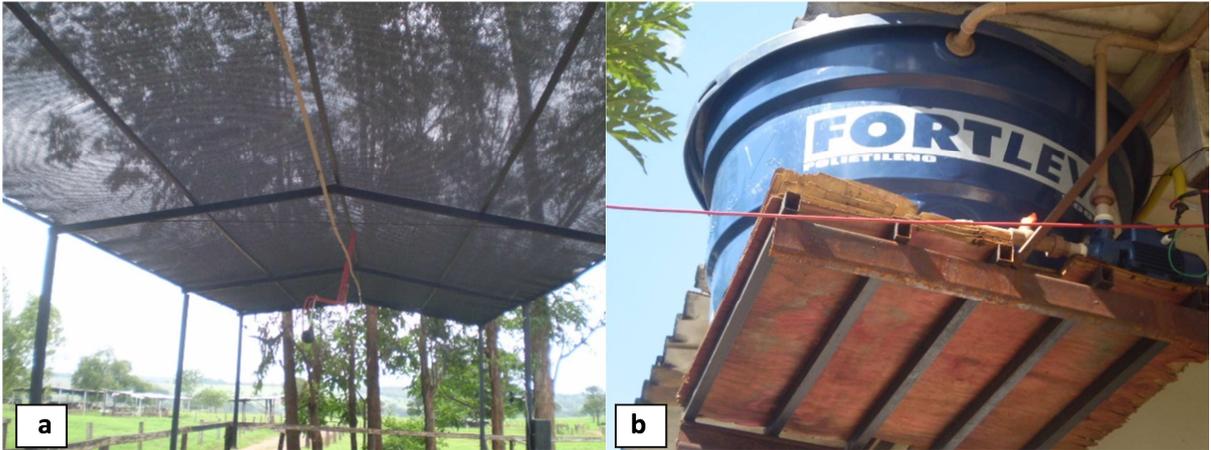


FIGURA 5. (a) tubulação para sistema de aspersão da sala de espera, (b) caixa d'água utilizada para abastecer o sistema.

3.5. MANEJO DOS ANIMAIS

A ordenha da manhã era realizada, em média das 5:30 às 7:00 horas, e a ordenha da tarde iniciava às 16:00 e terminava às 17:30. Estabeleceu-se que a climatização seria acionada quando a temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco fosse maior que 26°C , que é o valor limite da zona de conforto térmico de uma vaca em lactação (HUBER, 1990). O acionamento dos sistemas de climatização a partir dessa temperatura também foram adotados por Perissinoto (2007) e Silva et al. (2011).

Dessa forma, o sistema de climatização foi acionado somente na ordenha da tarde. Dentro do período analisado, os grupos que estavam dentro do tratamento SOL e SOM eram encaminhados primeiramente a seus respectivos ambientes, os animais do tratamento SOM eram levados para a sala de espera, e os animais do tratamento SOL eram encaminhados para um ambiente aberto anexo a sala de ordenha (Figura 6), e após 30 minutos de climatização os dois grupos entravam juntos para a sala de ordenha.



FIGURA 6. (a) Animais no ambiente SOM e (b) no ambiente externo, ao sol.

Posteriormente, os animais do tratamento SOM+ASP e SOM+ASP+VEN eram encaminhados para um ambiente anexo à sala de espera. O primeiro, SOM+ASP, entrava na sala de espera onde então, se acionava o sistema de aspersão. O segundo grupo aguardava até completar o tempo de climatização do tratamento. Após 30 minutos de climatização, este grupo era dirigido para a sala de ordenha, e o segundo, SOM+ASP+VEN, era levado à sala de espera, onde se acionavam os sistemas de aspersão e ventilação, permanecendo também por 30 minutos, sendo posteriormente encaminhados para a sala de ordenha.

3.6 AQUISIÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS

Para a coleta dos dados meteorológicos foram instalados dois *data loggers microstation* HOBO ONSET® H21-002, um no ambiente externo e o outro na sala de espera (Figuras 7 e 8). Cada equipamento foi composto por quatro sensores: sensor de umidade e temperatura (S-THB-M002), sensor de temperatura de bulbo úmido (S-TMB-M002 bulbo úmido), sensor de temperatura de globo negro (S-TMB-M002) e sensor de velocidade do vento (S-WCA-M003). Esses sensores de registro possuíam precisão de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ para a temperatura do ar, $\pm 2,5\%$ para UR e $0,5 \text{ m s}^{-1}$ para velocidade do vento. As miniestações foram programadas para coletar as variáveis a cada minuto.

Os sensores no ambiente externo foram posicionados a 1,60 metros de altura, próximo ao local que os animais do tratamento SOL aguardavam o momento da ordenha, e os sensores da sala espera foram colocados a 2,54 metros de altura, no centro geométrico da instalação.



FIGURA 7. (a) (b) (c) Posicionamento da miniestação meteorológica, com os sensores alocados no ambiente externo.



FIGURA 8. (a) (b) (c) Posicionamento da miniestação meteorológica, como os sensores alocados no ambiente interno da sala de espera.

3.7 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

A coleta dos dados das microestações foi realizada por meio do software HOBOWARE PRO®, sendo posteriormente, calculados os índices de conforto térmico, através das equações que seguem:

- a) ITU – Índice de temperatura e umidade (THOM, 1959):

$$ITU = T_{bs} + 0,36.T_{po} + 41,5$$

Em que:

T_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);

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

- b) ITGU – Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (BUFFINGTON et al., 1981):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36.T_{po} + 41,5$$

Em que:

Tgn = Temperatura de globo negro (°C);

Tpo = Temperatura de ponto de orvalho (°C).

c) CTR – Carga Térmica de Radiação (ESMAY, 1982):

$$CTR = \tau(TRM)^4$$

$$TRM = 100 \left\{ \left[2,51 (Vv)^{0,5} \cdot (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100} \right)^4 \right] \right\}$$

Em que:

$\tau = 5,67 \times 10^{-8} K^{-4} W^{-1} M^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann)

TRM = Temperatura média radiante;

Vv = Velocidade do vento (m s⁻¹);

Tgn = Temperatura de globo negro (K);

Tbs = Temperatura de bulbo seco (K);

d) ICT (2002) – Índice de Carga Térmica (GAUGHAN et al., 2002):

$$ICT = 33,2 + 0,2UR + 1,2 Tgn - (0,82Vv)^{0,1} - \log(0,4 Vv^2 + 0,0001)$$

Em que:

UR = Umidade Relativa do ar, em %;

Tgn= Temperatura de globo negro (°C);

Vv = Velocidade do vento (m s⁻¹)

e) ICT (2008) – Índice de Carga Térmica (GAUGHAN et al., 2008):

$$Se Tgn > 25^{\circ}C \quad ICT = 8,62 + (0,38 \times UR) + (1,55 \times Tgn) - (0,5 \times Vv) + [e^{2,4-Vv}]$$

$$Se Tgn < 25^{\circ}C \quad ICT = 10,66 + (0,28 \times UR) + (1,33 \times Tgn) - Vv$$

Em que:

Tgn = Temperatura de globo negro (°C);

UR = Umidade Relativa em %;

Vv = Velocidade do vento (m s⁻¹);

$e = 2,71828$ (base do logaritmo natural).

Os valores de entalpia e temperatura de ponto de orvalho (Tpo) foram avaliados pelo software computacional GRAPSI® desenvolvido por Melo et al. (2004), que considera para cálculo de entalpia a equação proposta por Wilhelm (1976):

$$h = 1,006 \times Tbs + R[2501 + 1,775T]$$

Em que:

h = entalpia específica do ar (Kj Kg^{-1})

Tbs = Temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$);

R = razão de mistura (grama de vapor de água por grama de ar seco)

3.8 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Para a análise das respostas fisiológicas dos animais, foi coletada a temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$), a temperatura do pelame ($^{\circ}\text{C}$) e a frequência respiratória (mov min^{-1}), duas vezes por semana, na ordenha do período da tarde em todos os animais do experimento. Os dados foram mensurados após a climatização, na sala de ordenha, de maneira ordenada, sendo primeiramente a frequência respiratória e a temperatura superficial, e após a retirada do conjunto de ordenha, coletava-se a temperatura retal, devido ao procedimento ser invasivo e poderia influenciar nas demais variáveis.

A frequência respiratória foi coletada através da contagem da movimentação do flanco durante 30 segundos, sendo posteriormente multiplicados por dois, para serem expressos em mov min^{-1} . A temperatura do pelame foi coletada em cinco pontos (cabeça, dorso, úbere, canela e garupa) com a utilização de um termômetro de infravermelho, formato pistola, da marca TITAN® modelo IR-102, como pode ser observado na Figura 9. O termômetro era posicionado a um metro de distância do animal. A Figura 10 mostra o local específico da coleta de cada ponto.

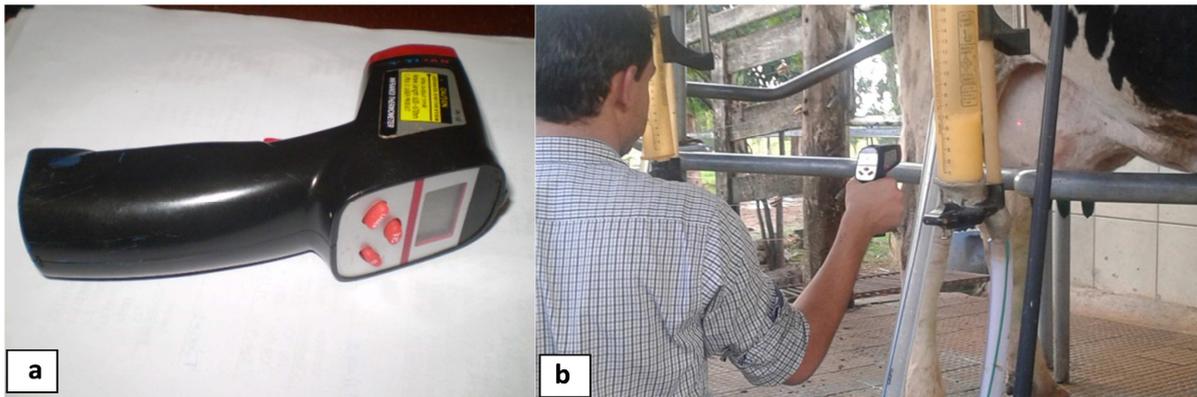


FIGURA 9. (a) Termômetro de infravermelho utilizado para a coleta das temperaturas superficiais; (b) momento da coleta de temperatura de úbere.

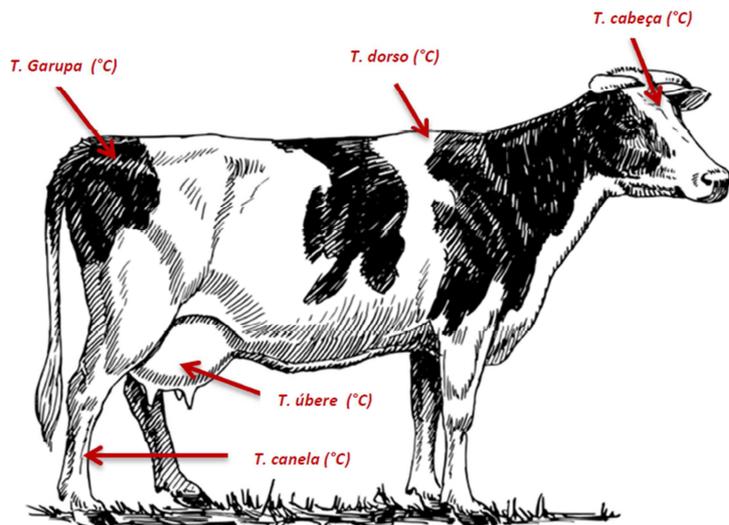


FIGURA 10. Pontos de coleta das temperaturas superficiais dos animais.

Além dos cinco pontos coletados, foram utilizadas como variáveis: a temperatura média (média aritmética dos cinco pontos coletados) e a temperatura superficial, que foi calculada de acordo com a metodologia de Pinheiro et al. (2005), a qual considera:

$$T_{\text{pelame}} : 0,10 \times T_{\text{cabeça}} + 0,70 \times T_{\text{dorso}} + 0,12 \times T_{\text{canela}} + 0,08 \times T_{\text{úbere}}$$

Em que:

T_{pelame} : Temperatura do pelame (°C);

$T_{\text{cabeça}}$: Temperatura da cabeça (°C);

T_{dorso} : Temperatura do dorso ($^{\circ}\text{C}$);

T_{canela} : Temperatura da canela ($^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{úbere}}$: Temperatura do úbere ($^{\circ}\text{C}$);

A temperatura retal foi coletada com um termômetro clínico veterinário, digital da marca BRASMED®, introduzido diretamente na mucosa retal e, após a estabilização (15 a 20 segundos) procedia-se a leitura, como pode ser observado na Figura 11.

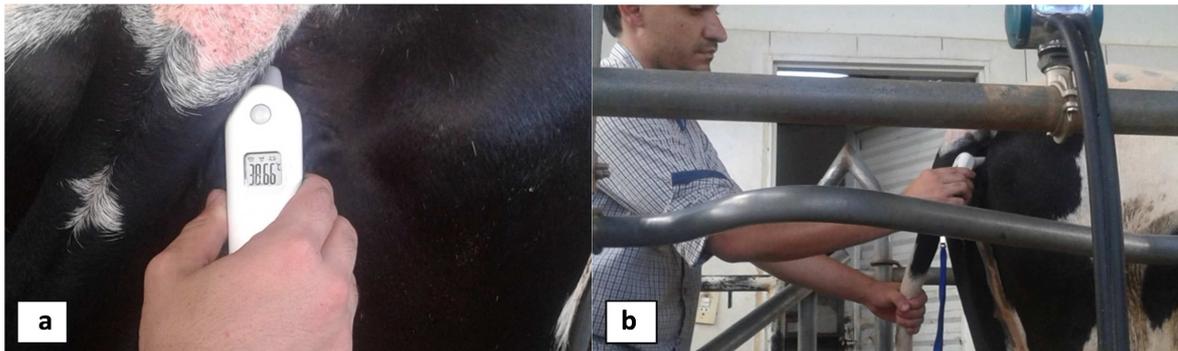


FIGURA 11. (a) Termômetro retal utilizado para coleta da temperatura; (b) momento da coleta da temperatura retal.

3.9 PRODUÇÃO DE LEITE

A produção foi medida diariamente, durante o período de coleta nas ordenhas da tarde e da manhã. Para mensurar essa variável, foram utilizados oito medidores de pressão a vácuo, da marca TRUTEST® com capacidade de pesagem de até 31Kg, ligados ao sistema de ordenha, conforme pode ser observado na Figura 12.

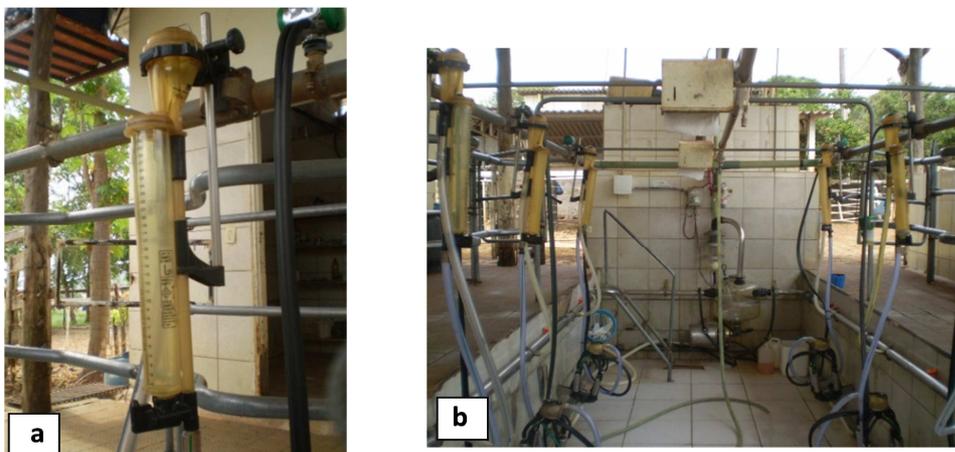


FIGURA 12. (a) Detalhe do medidor de leite a vácuo com capacidade máxima de 31 Kg. (b) medidores em todos os conjuntos da ordenha

3.10 ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS

Para análise econômica foi estabelecido à metodologia de custo direto ou variável, que atribui para cada custo uma classificação específica, na forma de custos fixos ou custos variáveis.

O custo fixo estabelecido para a análise da instalação foi determinado pela soma da depreciação mensal adicionando-se as despesas de manutenção. O cálculo de depreciação foi realizado dividindo-se o custo do investimento pelo número de anos de utilização do equipamento, posteriormente, esse valor foi dividido por doze, para obtermos a depreciação mensal.

Para os custos variáveis foram acrescentados os custos com água, obtidos pela vazão média dos seis aspersores, multiplicada pelo tempo de vazão para climatizar todo rebanho durante a ordenha da tarde. O valor encontrado foi multiplicado por 30, para obter o gasto mensal. Os custos com energia elétrica que foram realizados da mesma forma, estimou-se o consumo médio da bomba que acionava o sistema de aspersão somado ao consumo dos dois ventiladores, sendo esse consumo estimado para o tempo de funcionamento por dia, depois multiplicado por 30, para se obter o gasto mensal.

Para os valores da receita de cada sistema de climatização foi avaliado o acréscimo de produção de cada ambiente analisado. Esses valores foram extrapolados para o rebanho total da propriedade, para quantificar o ganho em produtividade diário e mensal, e posteriormente, esse ganho foi multiplicado pelo preço médio do leite durante o ano de 2014.

Através da diferença entre o custo mensal e a receita obteve-se a margem líquida mensal que os sistemas de climatização proporcionaram, e com esses valores, foi possível calcular os dias para o retorno do investimento.

3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados de variáveis ambientais e os índices de conforto térmico foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e quando pertinentes, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-knott, a 1% de significância. Para a produção de leite e variáveis fisiológicas, a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo software Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

A análise de correlação de Pearson ($P < 0,01$) foi realizada no software R (R DEVELOPMENTS CORE TEAM, 2012), considerando as variáveis fisiológicas e os dados

meteorológicos, correlacionados aos índices de conforto térmico dos respectivos dias de coleta, num total de 128 observações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ORDENHA DA MANHÃ

Durante o experimento, as médias de temperatura de bulbo seco e umidade foram de 25°C e 75,4% respectivamente, pelo fato da implantação do projeto ter sido feita no início do período chuvoso na região, houve uma grande oscilação da umidade e da temperatura de bulbo seco durante o experimento como pode ser observado nas Figuras 13 e 14.

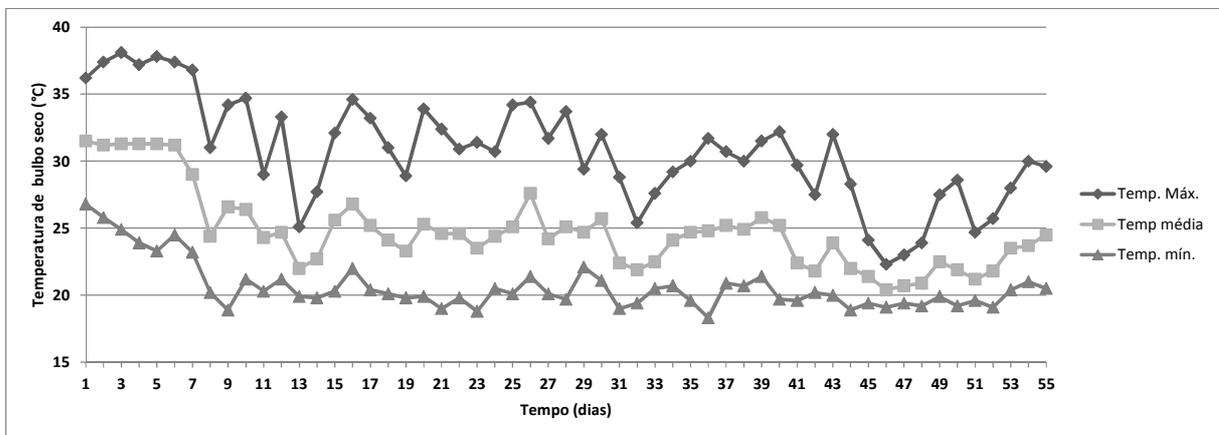


FIGURA 13. Variação das temperaturas de bulbo seco mínimas, médias e máximas durante os 56 dias de experimento.

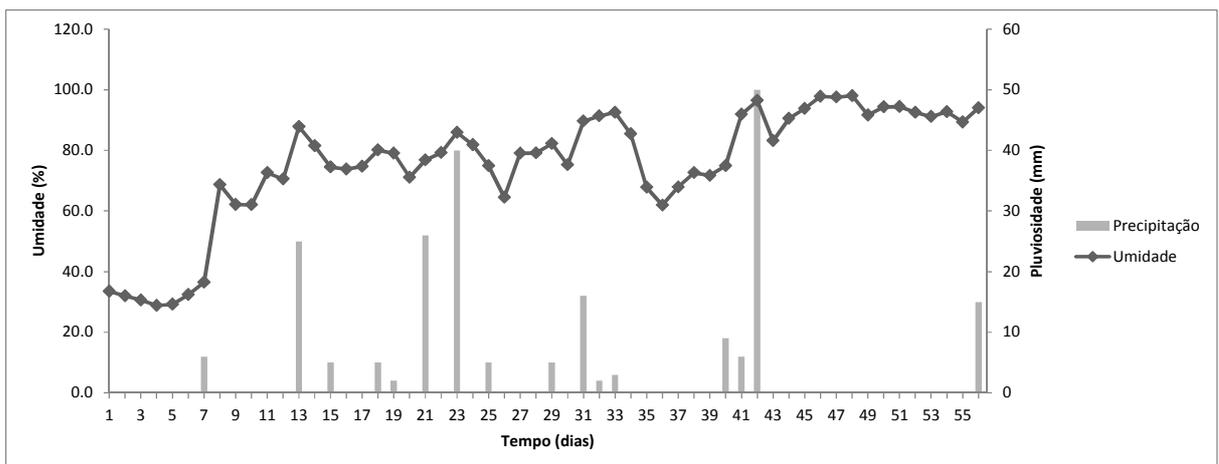


FIGURA 14. Valores médios diários de umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm³) durante os 56 dias de experimento.

Durante o período da ordenha de manhã, a temperatura média foi de 21,08°C, não sendo necessário, em nenhum dia do experimento, o acionamento do sistema de climatização,

já que as temperaturas em todos os dias foram menores que 26°C , como pode ser observado na Figura 15.

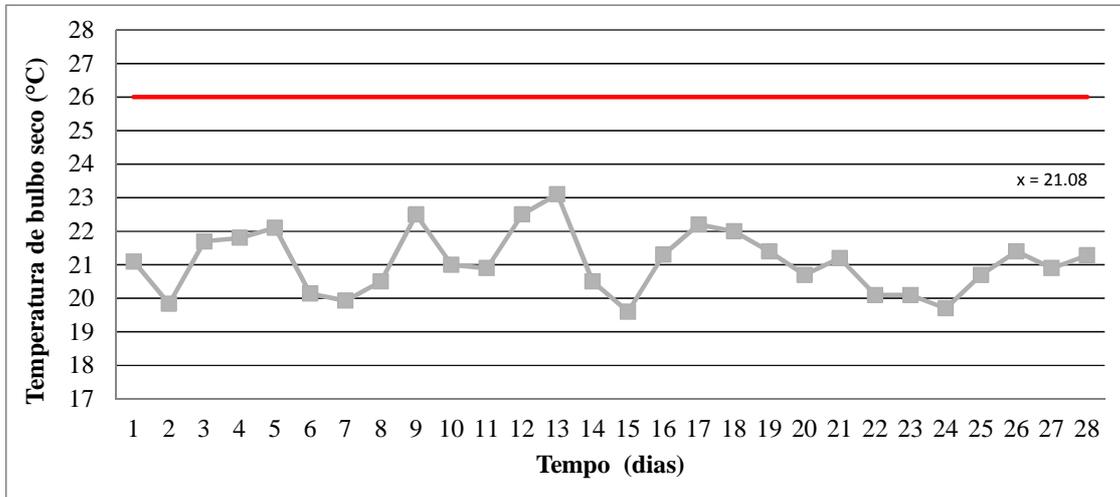


FIGURA 15. Médias das temperaturas de bulbo seco nas ordenhas da manhã, durante os 28 dias de coleta do experimento.

No período da manhã as variáveis fisiológicas, frequência respiratória e temperatura retal, estiveram dentro dos limites da normalidade classificada como ausência de estresse térmico, como pode ser observados na Tabela 2. A frequência respiratória dos animais, em todos os tratamentos, ficou abaixo de 60 mov min^{-1} . Houve uma variação numérica para o tratamento SOL, que se deve ao fato dos animais, neste tratamento, entrarem diretamente do piquete para sala de ordenha, não havendo tempo de espera.

Em relação à temperatura retal, também não houve diferença entre os tratamentos, sendo que os valores observados permaneceram abaixo dos considerados como indicadores de estresse térmico. As temperaturas retais no período da manhã variaram entre $38,01$ e $38,14^{\circ}\text{C}$, enquanto que Martello et al. (2004) e Dupreez (2000) consideram valores acima de $39,5^{\circ}\text{C}$ como indicadores de estresse térmico. Nääs e Arcaro Junior (2001) encontraram uma variação da temperatura retal entre $37,09^{\circ}\text{C}$ e $38,72^{\circ}\text{C}$ no período da manhã, e frequências respiratórias um pouco menores do que os valores médios dos tratamentos, variando entre $32,56$ a $34,76 \text{ mov min}^{-1}$.

Em relação à temperatura superficial, em todos os pontos a maior temperatura registrada foi $32,05$ e a menor $27,05^{\circ}\text{C}$. No período da manhã existe um gradiente entre a temperatura do ar e a temperatura corporal do animal, facilitando as trocas térmicas pelos processos convectivos (BACARRI JUNIOR, 2001).

TABELA 2 - Variáveis Fisiológicas coletadas nos animais no período de ordenha da manhã: frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR, °C), Temperatura de cabeça (°C), temperatura de dorso (°C), temperatura de canela (°C), temperatura de úbere (°C), temperatura de garupa (°C).

Variáveis fisiológicas	TRATAMENTOS				C.V. (%)	Prob. F
	SOL	SOM	SOM+ASP	SOM+ASP+VEN		
FR (mov./min)	46,93 a	46,87 a	41,65 a	41,25 a	25,38	0,0605
TR	38,14 a	38,14 a	38,06 a	38,01 a	1,03	0,4619
Temp. cabeça	29,64 a	29,43 a	29,50 a	29,87 a	4,45	0,5505
Temp. dorso	31,10 a	31,15 a	31,52 a	31,61 a	2,80	0,0549
Temp. canela	28,18 a	27,61 a	27,54 a	27,50 a	4,14	0,0672
Temp. úbere	32,05 a	32,03 a	31,96 a	31,62 a	2,78	0,1877
Temp. garupa	30,64 a	30,72 a	30,57 a	30,97 a	3,29	0,4079
Temp. média	30,32 a	30,19 a	30,22 a	30,32 a	2,37	0,8427
T superficial	30,68 a	30,63 a	30,88 a	30,95 a	2,42	0,2569

SOL – Ambiente externo; SOM – Sombreamento; SOM+ASP – Sombreamento + aspersão; SOM+ASP+VEN – Sombreamento, aspersão e ventilação.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Avila et al. (2013) também coletou variáveis fisiológicas no período da manhã, no Rio Grande do Sul, região classificada como temperado úmido, encontrando os seguintes valores fisiológicos, durante a ordenha da manhã: temperatura retal entre 37,4 e 37,8°C, temperatura superficial (tirada em quatro pontos do animal: dois pontos na pelagem preta e dois na branca) entre 21,6°C e 28,7°C, e frequência respiratória entre 18,9 e 26,3 mov min⁻¹, os valores encontrados são mais baixo pelo fato desse experimento ter sido feito em condições mais amenas.

4.3 ORDENHA DA TARDE

Houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para as variáveis ambientais (P<0,001). Os ambientes SOL e SOM não diferiram entre si, contudo, houve redução da Tbs de 0,95°C do tratamento SOM em relação ao ambiente SOL. Os ambientes SOM+ASP e SOM+ASP+VEN não apresentaram diferenças entre si, porém, diferiram dos demais SOL e SOM, provocando reduções de 4,72 e 5,23°C na Tbs em relação ao ambiente SOL; e 3,77 e

4,28°C em relação à SOM, respectivamente. As médias das variáveis ambientais nos diferentes ambientes são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Médias das variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (%) e temperatura de globo negro (Tgn), no período de ordenha da tarde, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis Climáticas	TRATAMENTOS				C.V. (%)	Prob. F
	SOL	SOM	SOM+ASP	SOM+ASP+VEN		
Tbs (°C)	27,55 a	26,60 a	22,83 b	22,32 b	13,18	0,0001
UR (%)	67,17 a	68,29 a	87,95 b	89,53 b	19,20	0,0001
Tgn (°C)	31,15 a	28,73 b	23,71 c	22,54 c	15,54	0,0001

SOL – Ambiente externo; SOM – Sombreamento; SOM+ASP – Sombreamento + aspersão; SOM+ASP+VEN – Sombreamento, aspersão e ventilação.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Scott-knott (P<0,01).

Verificou-se que os sistemas de SOM+ASP e SOM+ASP+VEN reduziram os valores da Tbs (°C) ao nível da zona de conforto térmico, que foi entre 4°C e 26°C, segundo Perissinoto e Moura (2007). Reduções semelhantes foram encontradas por Almeida et al. (2010), que reportaram valores de Tbs de 24,3°C para 30 minutos de climatização com nebulização mais ventilação.

A umidade relativa do ar seguiu o mesmo comportamento da Tbs. Nos tratamentos que utilizaram climatização com uso de água, a UR foi elevada, observando-se valores maiores que os considerados ideais para bovinos leiteiros, que são de 70% (NÄÄS e ARCARO JUNIOR, 2001). Contudo, considerando o tempo total de climatização de 30 minutos, esse fator isoladamente não foi capaz de comprometer o desempenho dos animais. Os valores do potencial de redução da Tbs apresenta variação inversamente proporcional à umidade relativa do ambiente, uma vez que o resfriamento implica no acréscimo dessa variável (SILVA, 2011).

A época em que foi realizado o experimento também contribuiu para os valores altos dessa variável, como pode ser observado nos valores médios da umidade relativa no ambiente externo (SOL). Quando a umidade relativa é superior a 70%, compromete-se o potencial de redução do ITU em 10% (BROUK et al., 2001), contudo, Perissinoto e Moura (2007) verificou que, quando a Tbs se encontra abaixo do limite superior da zona de termoneutralidade (26°C), independente da umidade relativa do ar, a sensação de conforto térmico para vacas em lactação é mantida.

Os valores de Tgn comprovam a eficiência do sombreamento na redução da radiação recebida pelo animal, sendo a única variável em que houve diferença significativa entre o ambientes SOL e SOM (sombreamento). Nesses tratamentos, os valores de Tgn foram 31,15°C para SOL e 28,73°C para SOM.

Os ambientes SOM+ASP e SOM+ASP+VEN, não apresentaram diferenças entre si, porém, diferiram dos demais, SOL e SOM, provocando reduções de 7,44°C e 8,61°C na Tgn em relação ao ambiente SOL; e 5,02 e 6,19°C em relação à SOM, respectivamente. Essa redução colocou os valores de Tgn dentro dos limites de temoneutralidade propostos por Mota (2001), que estão entre 7 e 26°C. Arcaro Junior et al. (2003), avaliando o efeito da aspersão mais ventilação na sala de espera em comparação com sala de espera sem climatização, verificaram uma redução na Tbs de 27,49°C no ambiente controle para 22,94°C no ambiente com aspersão e ventilação, enquanto, os valores de Tgn foram de 27,55 °C e 22,49°C, respectivamente.

Foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para todos os índices de conforto térmico avaliados ($P < 0,001$) como pode ser observado na Tabela 4, os valores de ITU nos tratamentos SOL e SOM não diferiram entre si e ficaram acima dos valores críticos estabelecidos por Pires e Campos (2004) e Tatcher et al. (2010), que estabeleceram valores de 72. Já os sistemas SOM+ASP e SOM+ASP+VEN ficaram com valores abaixo do limite crítico 71,7 e 71,1, respectivamente.

TABELA 4 - Médias dos índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR), Índice de Carga Térmica (ICT) e Entalpia (Kj Kg^{-1}) para os diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Índices Bioclimáticos	TRATAMENTOS				C.V. (%)	Prob. F
	SOL	SOM	SOM +ASP	SOM + ASP+VEN		
ITU	76,30 a	75,12 a	71,74 b	71,10 b	4,48	0,0001
ITGU	79,90 a	77,25 b	72,62 c	71,32 c	5,53	0,0001
CTR (w m^{-2})	549,91 a	509,02 b	459,10 c	440,93 c	8,99	0,0001
ICT (2002)	83,52 a	80,85 b	78,56 c	77,06 c	3,73	0,0001
ICT (2008)	81,67 a	76,47 b	67,83 c	63,98 c	11,04	0,0001
Entalpia (Kj Kg^{-1})	69,26 a	66,33 b	65,67 b	63,88 b	7,85	0,0001

SOL: Ambiente externo; SOM: Sombreamento; SOM+ASP: Sombreamento + aspersão; SOM+ASP+VEN: sombreamento, aspersão e ventilação.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Scott-knott ($P < 0,01$).

Souza et al. (2004) avaliando o efeito do SRAE, por nebulização em um “free stall”, encontraram resultados semelhantes, os autores verificaram que houve uma redução no ITU de 76 para 72, de um ambiente com cobertura para outro com cobertura e climatização. Também Almeida et al. (2010), estudando climatização com nebulização mais ventilação em sala de espera, relataram uma redução nos valores de ITU de 77,8 para 73, com 30 minutos de climatização, enquanto Arcaro Junior et al. (2005) verificaram uma redução de 74,9 para 70,2, utilizando ventilação e aspersão na sala de espera.

Para os valores de ITGU houve diferença significativa do ambiente SOL e SOM ($P < 0,01$). O ambiente SOL apresentou um ITGU médio de 79,9, sendo que para o ambiente sombreado houve redução para 77,25. Os tratamentos SOM+ASP e SOM+ASP+VEN, não diferiram entre si, contudo, foram diferentes dos demais, apresentando reduções nos valores de ITGU. Os valores de ITGU dos sistemas SOM+ASP e SOM+ASP+VEN ficaram abaixo de 75 que é o valor crítico citado por Baêta e Souza (2010), os tratamentos SOL e SOM ficaram dentro de uma faixa que o autor considera como situação de alerta, entre 75 e 78.

Resultados semelhantes foram encontrados por Simões (2014) que, analisando sistema de ventilação associado à aspersão em sistema de confinamento “free stall”, encontrou valores médios de ITGU de 72,24 para este tipo de climatização, enquanto que no ambiente controle (galpão sem climatização) a média do ITGU foi de 79,08.

Oliveira et al. (2013), também utilizando tela de polipropileno a 80% para sombreamento de piquetes, observaram resultados similares com um ITGU médio de 85,39 no ambiente externo e 81,57 no ambiente sombreado, apresentando uma redução de 4%, significativa entre os tratamentos. Conceição (2008) encontrou uma redução de 4% no ITGU proporcionado pelo sombreamento, também utilizando o mesmo material para sombreamento.

O sombreamento proporcionou uma redução da carga térmica radiante próxima a 8%, quando comparado ao SOL ($P < 0,01$), sendo que, para os tratamentos SOM+ASP e SOM+ASP+VEN, a diminuição foi ainda mais significativa, sendo observados valores de redução de 19% e 24% respectivamente, comparados com o tratamento SOL.

Navarini et al. (2009) estudando o efeito do sombreamento natural nos piquetes sobre índices bioclimáticos, no período de maior incidência solar (9:00 às 18:00 horas), verificaram que, o ambiente com sombreamento reduziu em 12% a CTR, encontrando valores de CTR a pleno sol e à sombra de 571 W m^{-2} e 508 W m^{-2} , respectivamente.

Também Conceição (2008), analisando o efeito na redução da CTR de diferentes materiais de cobertura, em comparação com um tratamento a céu aberto, para a tela de

polipropileno encontrou uma redução média de 7,2% durante o dia, e de 8,2% no horário das 15:30 às 16:00.

Os valores de ICT, de acordo com a metodologia de Gaughan et al. (2002) e Gaughan et al. (2008), foram significativamente diferentes entre os tratamentos SOL e SOM, e também entre os ambientes climatizados, SOM+ASP, SOM+ASP+VEN, os quais não diferiram entre si. O valor médio de ICT (2008) foi de 81,67 no tratamento SOL e 76,47 no tratamento SOM, havendo uma redução significativa no índice de 6% na comparação dos dois tratamentos. Lopes (2009) em situação de maior temperatura, utilizando a mesma metodologia para cálculo do ICT, encontrou um valor mais significativo de redução. No ambiente ao sol e à sombra, o ICT foi de 97,19 e 84,02, respectivamente, havendo uma redução de 15%.

Souza (2008), avaliando o efeito do sombreamento natural utilizando árvores de diferentes tamanhos, mensurando o ICT pela metodologia de Gaughan et al. (2002), encontrou uma redução semelhante, às 14:00 horas, com ICT no ambiente externo de 83, e no sombreamento com árvores valores próximos de 78.

De acordo com a escala sugerida por Silva et al. (2007), todos os ambientes avaliados no presente trabalho estiveram dentro dos parâmetros classificados como de situação normal, já que os valores de ICT de todos os ambientes estiveram abaixo de 89.

Para a Entalpia, apenas o ambiente SOL diferiu dos demais ambientes ($P < 0,01$), entretanto, pode-se observar reduções numéricas nos valores entre os ambientes avaliados. Observou-se uma redução de 2,93; 3,59 e 5,38 Kj Kg^{-1} , para os tratamentos SOM, SOM+ASP, SOM+ASP+VEN, quando comparados ao SOL, respectivamente. Os valores de Entalpia no tratamento SOL estiveram acima dos valores críticos, de acordo com Araújo (2001) e Barbosa Filho et al. (2007), que relatam ser de 67,4 Kj Kg^{-1} . Porém, Almeida et al. (2010), utilizando nebulização mais ventilação, conseguiram atingir um valor médio de entalpia de 65, 8 Kj Kg^{-1} , com meia hora de climatização.

4.6 COMPORTAMENTOS DAS VARIÁVEIS BIOCLIMÁTICAS

Nas Figuras 16 e 17 observam-se os valores de ITU e ITGU dos quatro ambientes durante os 28 dias de coletas de dados. No gráfico pode-se observar a oscilação dos valores desses índices durante o experimento, visto que o mesmo foi desenvolvido em um período de transição de estações. Sendo assim, o período experimental foi marcado por períodos de altas

temperaturas durante o início, onde existia uma maior diferença entre o ambiente externo e os ambientes climatizados, e menor diferença entre os mesmos no último período.

Os pontos onde não existe diferença entre as linhas são dias em que não houve climatização, pois a temperatura estava abaixo de 26°C. Nota-se que a utilização da temperatura de bulbo seco como indicador de climatização foi efetiva, visto que, nos dias em que não houve climatização, os dias estavam abaixo dos níveis críticos de ITU e ITGU preconizados pela literatura.

Estabelecendo o valor crítico de 75 proposto por Azevedo et al. (2005) e Campos et al. (2002) observou-se que o tratamento SOM+ASP e SOM+ASP+VEN, alcançaram melhores resultados, em todos os dias do experimento, valores de ITU abaixo do valor crítico, até mesmo nos dias de maior desafio. Para os valores de ITGU, considerando o valor crítico de 77 proposto por Baêta e Souza (2010), verificou-se novamente que em todos os dias do experimento o tratamento SOM+ASP e SOM+ASP+VEN foram eficientes em reduzir os valores para abaixo do nível crítico. Já o tratamento SOM não teve a mesma eficiência, apresentando, na maioria dos dias, valores acima dos níveis estabelecidos.

Analisando o comportamento do gráfico, pode-se observar que em dias que a umidade relativa esteve baixa e a temperatura de bulbo seco elevada, que foram os dias de maior ITU, o Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) foi mais efetivo, pois, quanto menor a umidade, mas distante o ar está da condição de saturação, e conseqüentemente, maiores volumes de água poderão ser inseridos no meio, visando à redução adiabática da temperatura.

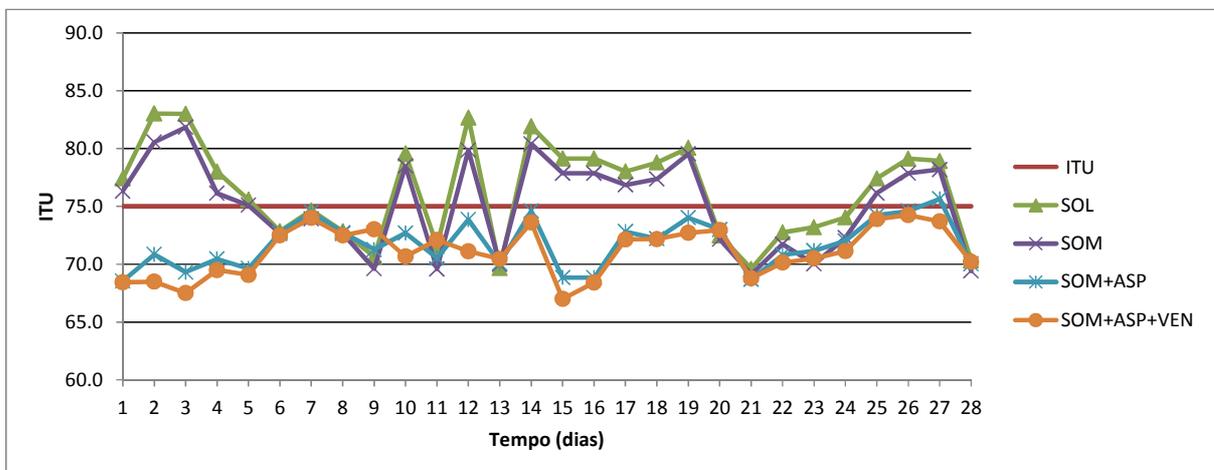


FIGURA 16. Valores de ITU dos quatro ambientes de sala de espera durante os 28 dias de coleta de dados.

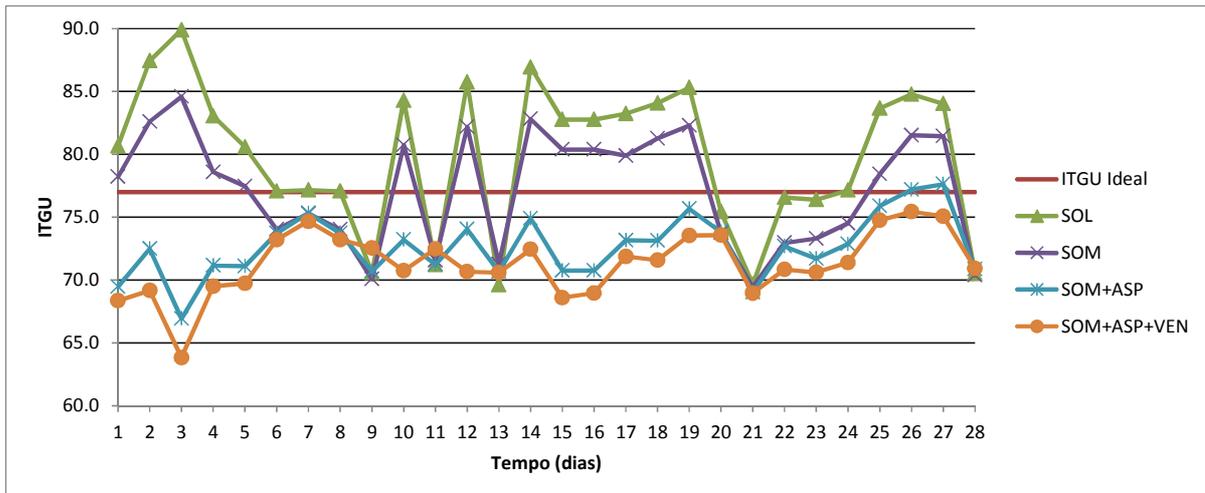


FIGURA 17. . Valores de ITGU da sala de espera durante os 28 dias de coletas de dados.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas para as variáveis fisiológicas entre os diferentes ambientes ($P < 0,005$). Os animais submetidos ao ambiente SOL tiveram a maior frequência respiratória (81,37), seguido dos animais à SOM (63,56), ficando os sistemas de SOM+ASP e SOM+ASP+VEN com menores valores 36,12 e 33,68, respectivamente, os quais não diferiram entre si. Com base nesses valores observa-se que, somente o sombreamento foi capaz de reduzir a frequência respiratória em 28%, comparado aos animais ao SOL, mesmo com essa redução significativa, ambos os tratamentos ficaram com as médias acima de 60 mov min^{-1} , valor indicativo de estresse calórico (HAHN e MADER, 1997).

Já para a temperatura retal, os tratamentos SOL e SOM não foram diferentes entre si ($39,42^{\circ}\text{C}$ e $39,11^{\circ}\text{C}$, respectivamente), mas diferiram dos sistemas de climatização SOM+ASP e SOM+ASP+VEN ($38,52^{\circ}\text{C}$ e $38,50^{\circ}\text{C}$, respectivamente), os quais também não diferiram entre si. As médias das variáveis fisiológicas são apresentadas na Tabela 5.

Resultados semelhantes foram encontrados por Schutz et al. (2011) os quais, observando a frequência respiratória de animais que tinham acesso a chuveiros, verificaram uma redução na frequência respiratória de 66%. Almeida et al. (2010) também relataram uma redução de $61,5 \text{ mov min}^{-1}$ para $35,3 \text{ mov min}^{-1}$, através de climatização por nebulização em sala de espera.

TABELA 5 - Médias das variáveis fisiológicas, na ordenha da tarde: frequência respiratória (FR, mov min^{-1}), temperatura retal (TR, °C), temperaturas superficiais (TS, °C), temperaturas médias (°C) e temperaturas da cabeça, dorso, canela, úbere e garupa (°C), nos diferentes tratamentos, com seus respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis fisiológicas	Tratamentos				C.V. (%)	Prob. F
	SOL	SOM	SOM +ASP	SOM +ASP+VEN		
FR	81,37 a	63,56 b	36,12 c	33,68 c	23,26	0,0001
TR	39,42 a	39,11 a	38,52 b	38,50 b	1,49	0,0001
Temp. cabeça	34,95 a	33,58 b	30,60 c	30,11 c	4,23	0,0001
Temp. dorso	35,72 a	34,51 b	31,36 c	31,79 c	3,47	0,0001
Temp. canela	32,94 a	31,84 b	30,43 c	30,13 c	4,70	0,0001
Temp. úbere	35,57 a	34,66 b	34,72 b	34,36 b	2,70	0,0001
Temp. garupa	34,45 a	33,86 a	31,71 b	30,24 c	3,99	0,0001
Temp. média	34,73 a	33,69 b	31,77 c	31,24 c	2,87	0,0001
T.S.	35,29 a	34,11 b	31,63 c	31,44 c	3,18	0,0001

SOL – Ambiente externo; SOM – Sombreamento; SOM+ASP – Sombreamento mais aspersão; SOM+ASP+VEN – Sombreamento, aspersão e ventilação.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Seguindo os valores demonstrados por Martello et al. (2004) e Dupreez (2000), as respostas de temperatura retal dos tratamentos SOL e SOM, ainda se encontram dentro das condições de termoneutralidade, já que para esses autores essa faixa seria de temperaturas retais abaixo de $39,5^{\circ}\text{C}$. Entretanto, para Ferreira et al. (2006), ambos os tratamentos estariam com animais em estresse calórico, pois esses autores estipulam valores mais rígidos para essa variável, reportando valores acima de $39,1^{\circ}\text{C}$ para animais em estresse calórico.

Nos tratamentos que utilizaram água para climatização, a temperatura retal esteve dentro nos valores considerados como ausência de estresse térmico segundo Ferreira et al. (2006). Os ambientes SOM+ASP e SOM+ASP+VEN tiveram valores médios de temperatura retal de $38,52^{\circ}\text{C}$ e $38,50^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Essa redução média de $0,9^{\circ}\text{C}$ na temperatura retal, em comparação com o ambiente SOL, comprova a eficácia desses ambientes como medida atenuante do estresse calórico, pois, a temperatura retal é o principal indicador do calor produzido pelo metabolismo do animal. O calor metabólico é dissipado através dos processos de condução que acontecem entre os tecidos e o sangue que irriga a superfície, os

quais em altas temperaturas não são eficientes, trazendo consequências negativas para os animais (SOUZA e BATISTA, 2012).

A temperatura retal também foi objeto de estudo de Pinheiro et al. (2005), que observaram uma redução da temperatura retal de 0,52 °C dos animais que foram submetidos à aspersão e ventilação na sala de espera, comparados a animais que tiveram acesso a uma área sombreada. O Autor também observou a temperatura do pelame, houve uma redução de 0,95°C da temperatura da pele dos animais que tiveram acesso à sala de espera climatizada.

Os dados das temperaturas dos cinco pontos coletados na superfície do animal comportam-se de maneira semelhante, se diferenciando para os ambientes SOL e SOM, exceto para temperatura de garupa, já o tratamento SOM+ASP e SOM+ASP+VEN tiveram diferença significativa em relação aos anteriores e não tiveram diferença entre si, este comportamento não foi observado apenas na temperatura de úbere e de garupa.

Avaliando os dados de temperatura superficial dos tratamentos SOL (35,29°C) e SOM (34,11°C), observa-se que a exposição ao ambiente a pleno sol aumentou a temperatura superficial em 1,18°C. Resultados semelhantes foram relatados por Navarini et al. (2009), que encontraram um aumento da temperatura superficial de 0,9°C nos animais expostos a ambiente a pleno sol, em relação aos animais com acesso a sombreamento natural. O aumento da temperatura superficial significa perda de gradiente entre a temperatura da pele e do ambiente, dificultando assim as trocas convectivas.

Collier et al. (2006) estipularam que, se a temperatura do pelame for maior que 35°C, o gradiente de temperatura entre o organismo (temperatura retal) e pelame não é amplo o suficiente para que animal use os processos de troca de calor.

Arcaro Junior et al. (2005) descreveram um comportamento semelhante de redução da temperatura de superfície, utilizando sistema de aspersão mais ventilação na sala de espera, observando uma redução de 4,2°C na temperatura de cabeça, 2,8°C na temperatura de dorso e 1,0°C na temperatura de úbere.

Ainda analisando os dados de temperatura superficial, a aspersão de água sobre o animal resfriou imediatamente a superfície do corpo. Nos ambientes que utilizaram esse tipo de climatização, a redução foi de 3,66°C nos animais submetidos à aspersão e 3,85 °C nos animais submetidos à aspersão e ventilação, comparando com o tratamento SOL. Essa redução se deve ao fato da aspersão provocar o molhamento da pelagem e pele do animal, auxiliando as perdas de calor sensível por evaporação. Simões (2014) encontrou resultado semelhante, em que os animais tiveram uma redução da temperatura superficial de 4,74°C utilizando aspersão associado à ventilação.

Matarazzo et al. (2006) também verificaram uma redução de até 4°C na temperatura da superfície dos animais, submetidos à aspersão mais ventilação, na linha de alimentação, com climatização intermitente de 12 a 16 minutos.

A redução é significativa mesmo comparando o tratamento SOM com o tratamento SOM+ASP+VEN a diferença da temperatura superficial entre esses tratamentos foi de 2,67°C. Pinheiro et al. (2005) encontraram uma diferença de 0,95°C para animais submetidos aos mesmos ambientes, porém em condições mais amenas.

4.8 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

Na Tabela 6 está demonstrada a análise de correlação das variáveis fisiológicas com as variáveis ambientais e os índices de conforto térmico. A frequência respiratória é um importante parâmetro para análise do ambiente térmico, visto que apresentou uma correlação positiva alta (0,70 a 0,90) com todas as variáveis ambientais e os com todos os índices de conforto térmico, exceto para Entalpia (0,49).

TABELA 6- Análises de correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas com as variáveis ambientais e índices de conforto térmico.

	TEMPERATURAS (°C)								
	FR	TR	Cabeça	Dorso	Can.	Úbere	Gar.	TS	TSM
Tbs	0,80	0,36	0,85	0,85	0,70	0,54	0,81	0,87	0,86
Tgn	0,82	0,45	0,77	0,80	0,58	0,44	0,72	0,80	0,76
ITU	0,80	0,33	0,85	0,86	0,69	0,52	0,81	0,87	0,85
ITGU	0,85	0,41	0,85	0,87	0,66	0,47	0,80	0,87	0,84
CTR	0,82	0,46	0,75	0,77	0,56	0,39	0,71	0,77	0,74
ICT (2008)	0,71	0,46	0,67	0,71	0,43	NS	0,64	0,68	0,62
ICT (2002)	0,76	0,38	0,70	0,74	0,49	0,31	0,64	0,73	0,67
Entalpia	0,49	NS	0,54	0,59	0,38	0,25	0,49	0,57	0,52

NS – valores não significativos ($P > 0,01$). FR - Frequência respiratória (mov min⁻¹); TR – Temperatura Retal; Can. - Temperatura de canela (°C), Gar. - Temperatura de garupa (°C); TS. - Temperatura superficial (°C); TSM - Temperatura Superficial média (°C); Tbs – Temperatura de bulbo seco (°C); Tgn – Temperatura de globo negro; ITU – Índice de Temperatura e Umidade; ITGU – Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade; CTR – Carga Térmica de Radiação; ICT – Índice de Carga Térmica, segundo a metodologia de Gaughan et al. (2002) e Gaughan et al. (2008).

Azevedo et al. (2005), também encontraram correlação positiva alta entre a frequência respiratória e o ITU, reportando valores de correlação de 0,73 entre essas variáveis.

A temperatura retal apresentou uma correlação positiva moderada com as variáveis ambientais. Isso se deve ao fato dessa variável ter uma correlação maior com o período do dia, do que com a variação de temperatura do ambiente (BACCARI JR, 2001). Silva Filho (2013) encontrou valores de correlação um pouco maiores da temperatura retal com os índices. Correlacionando essa variável fisiológica com Tbs, ITU, ITGU e CTR, o autor encontrou correlações de 0,52; 0,53; 0,50 e 0,39, respectivamente. Essas correlações maiores, provavelmente se devem ao fato de que, no experimento em questão, as coletas foram realizadas em diversos horários do dia, na parte da manhã e na parte da tarde.

O índice que apresentou maior correlação com essa variável foi ICT proposto por Gaughan et al. (2008), denominado aqui de ICT (2008), contrapondo os resultados de Baccari Jr. (2001), que encontrou a maior correlação entre a temperatura retal e a temperatura de bulbo seco (0,71), fato pode ser justificado pela amplitude de coletas feita no experimento citado, diferindo a coleta pontual realizada neste estudo.

Em relação às temperaturas coletadas nos cinco pontos dos animais, mais a temperatura média e a temperatura superficial, a maioria apresentaram uma correlação positiva alta (0,70 a 0,90) com os índices de conforto térmico, as exceções foram os valores de entalpia, em que as temperaturas superficiais apresentaram uma correlação de baixa a moderada, e os valores de temperatura de canela e de úbere que apresentaram correlação positiva moderada com os índices e com as variáveis.

O ICT (2008) apresentou uma correlação positiva alta somente com a frequência respiratória e temperatura de dorso, e correlação positiva moderada com os outros pontos de temperatura.

A temperatura superficial apresenta uma correlação mais alta com Tbs e ITU do que os outros pontos de coleta. Já para Tgn, ITGU e CTR foram observados os mesmos valores de correlação que a temperatura da pele na região dorsal. Essa temperatura apresenta os maiores valores de correlação com ICT e entalpia, os quais apresentam os maiores valores de correlação com os índices e as variáveis ambientais.

O ITGU é o índice que apresenta maior correlação com a frequência respiratória, em comparação aos outros índices avaliados, seguido pelo ITU e CTR. O ICT, de acordo com a metodologia de Gaughan et al. (2008), apresentou um valor de correlação menor, porém, classificada como alta ($>0,70$), o valor de ICT com a metodologia proposta por Gaughan et al.

(2002), apresentou uma correlação maior com a frequência respiratória (0,76). Em trabalho realizado por Conceição (2008), dos três índices analisados, o índice que apresentou maior correlação com frequência respiratória também foi o ITGU com 0,60, seguido pela Tgn (0,59) e CTR (0,50).

Resultados semelhantes foram encontrado por Avila et al. (2013), que encontraram valores de correlação acima de 0,80 para os parâmetros fisiológicos, frequência respiratória e temperatura superficial, com os índices ITU, ITGU e CTR; reportando valores de correlação negativa, mas não significativa, desses índices com temperatura retal.

Dikmen e Hansen (2009) observaram correlação positiva das variáveis ambientais com a temperatura retal, relatando uma correlação da temperatura retal com a temperatura de bulbo seco de 0,53.

Na Tabela 7 encontram-se as correlações das variáveis fisiológicas e as temperaturas do pelame. A frequência respiratória apresentou uma correlação positiva moderada com a temperatura retal (0,51). Resultado semelhante foi encontrado por Azevedo et al. (2005), que reportaram valores de correlação entre essas variáveis de 0,65; e Martello (2006), que encontraram uma correlação de 0,55 entre essas variáveis.

TABELA 7 - Análise de correlação de Pearson das variáveis fisiológicas e as temperaturas superficiais.

	TEMPERATURAS (°C)								
	FR	TR	TS cab.	TS dor.	TS can.	TS úbere	TS gar.	TS	TSM
FR	1,00								
TR	0,51	1,00							
TS cab.	0,77	0,38	1,00						
TS dor.	0,78	0,41	0,89	1,00					
TS can.	0,64	0,28	0,78	0,76	1,00				
TS. úbere	0,50	NS	0,60	0,55	0,72	1,00			
TS. gar.	0,73	0,37	0,78	0,76	0,72	0,65	1,00		
TS	0,79	0,41	0,92	0,99	0,83	0,63	0,79	1,00	
TSM	0,79	0,39	0,91	0,92	0,90	0,77	0,89	0,96	1,00

NS – Não significativo ($P < 0,001$) FR - Frequência respiratória (mov min^{-1}); TR – Temperatura retal (°C); TS cab. - Temperatura de cabeça; TS can. - Temperatura de canela (°C); TS gar. - Temperatura de garupa (°C); TS - Temperatura superficial (°C); TSM – Temperatura superficial média (°C).

A frequência respiratória também apresenta valores de correlação positiva alta com as temperaturas superficiais, exceto para temperatura de canela e de úbere. Os maiores valores de correlação da frequência respiratória foram com a temperatura média (0,79) e com a temperatura superficial (0,79). A temperatura da superfície dorsal do animal apresentou maior correlação com a temperatura superficial e com a temperatura superficial média, 0,99 e 0,92; respectivamente.

Na Tabela 8 estão os valores de correlação dos índices de conforto térmico e variáveis ambientais. Os índices bioclimáticos apresentam uma correlação positiva alta (0,70 a 0,90) entre si, exceto os valores de entalpia que apresentam uma correlação moderada (0,40 a 0,70). Os valores de ICT com as duas metodologias de cálculo apresentam uma correlação positiva alta com os outros índices mais utilizados.

TABELA 8 - Análise de correlação de Pearson para os índices de conforto térmico e variáveis ambientais.

	Tbs	Tgn	ITU	ITGU	CTR	ICT₍₂₀₀₈₎	Entalpia	ICT₍₂₀₀₂₎
Tbs	1,00							
Tgn	0,86	1,00						
ITU	0,99	0,86	1,00					
ITGU	0,95	0,93	0,95	1,00				
CTR	0,81	0,92	0,81	0,94	1,00			
ICT₍₂₀₀₈₎	0,73	0,82	0,76	0,87	0,87	1,00		
Entalpia	0,58	0,53	0,70	0,66	0,51	0,63	1,00	
ICT₍₂₀₀₂₎	0,74	0,84	0,80	0,91	0,91	0,90	0,77	1,00

Tbs – Temperatura de bulbo seco (°C); Tgn – Temperatura de globo negro; ITU – Índice de Temperatura e Umidade; ITGU – Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade; CTR – Carga Térmica de Radiação; ICT – Índice de Carga Térmica, segundo a metodologia de Gaughan et al. (2002) e Gaughan et al. (2008).

A correlação entre Tbs e ITU foi de 0,99. Dikmen e Hansen (2009), avaliando diferentes metodologias de ITU em um ambiente semelhante ao presente estudo, encontraram uma correlação do ITU com Tbs de 0,98, concluindo que a temperatura de bulbo seco, isoladamente, pode ser considerada como uma boa variável para análise do ambiente, em regiões onde a umidade é mais baixa.

Observou-se correlação positiva e alta entre os valores de ITGU e CTR (0,94), isso se deve a esses índices serem dependentes dos valores de Tgn, de tal forma que, a correlação dos mesmos com a Tgn foi de 0,93 e 0,92, respectivamente. Os valores de ICT, para as duas

metodologias propostas, apresentam uma correlação positiva alta com os demais índices de conforto avaliados (0,70 a 0,90).

4.9 PRODUÇÃO DE LEITE

Os valores de produção de leite, durante os 28 dias experimentais, são apresentados na Tabela 9. Não houve diferença significativa para a produção leiteira na parte da manhã, entretanto, houve uma diferença numérica que pode estar relacionada com efeitos da climatização da parte da tarde. Os animais que passaram pelo tratamento SOM+ASP+VEN tiveram uma produção acima 0,04 Kg, 0,51 Kg, 0,84 Kg, do que os tratamentos SOM+ASP, SOM e SOL, respectivamente.

TABELA 9 - Médias da produção leiteira, em Kg animal⁻¹, nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

PRODUÇÃO DE LEITE	TRATAMENTOS				C.V. (%)	Prob. F
	SOL	SOM	SOM +ASP	SOM +ASP+VEN		
Manhã (Kg)	11,88 a	12,21 a	12,68 a	12,72 a	23,38	0,089
Tarde (Kg)	8,41 b	8,58 b	8,93 ab	9,45 a	25,25	0,002
Total (kg)	20,29 b	20,80 ab	21,61 ab	22,18 a	22,07	0,013

SOL – Ambiente ao sol; SOM – Sombreamento; SOM+ASP – Sombreamento mais aspersão; SOM+ASP+VEN – Sombreamento, aspersão e ventilação.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Contudo, no período da tarde, houve uma diferença significativa (P<0,05) favorável ao sistema SOM+ASP+VEN em relação ao tratamento SOL e SOM, o que refletiu significativamente na produção total de leite. O tratamento SOM+ASP+VEN apresentou um ganho de produção na ordenha da tarde, da ordem de 0,52 Kg, 0,87 Kg e 1,04 Kg, comparado aos ambientes SOM+ASP, SOM e SOL.

Sobre a produção total de leite, a sala de espera com sombreamento aumentou 2,5% (0,510 kg) a produção leiteira, em relação ao SOL. Já a sala de espera com SOM+ASP aumentou em 6,5% (1,32 Kg) a produção leiteira, enquanto que o sistema que utilizou o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SOM+ASP+VEN) alcançou um aumento de 9,31% (1,89 Kg).

Comparando o sistema SOM+ASP+VEN com o ambiente SOM houve uma produção total de leite média favorável a esse tratamento de 6,6% (1,38 Kg). Arcaro Junior et

al. (2003) encontraram um aumento de 3,4% (0,73 Kg) comparando os mesmos sistemas. Silva et al. (2002), avaliando sistema de nebulização mais ventilação, também em sala de espera, observaram um acréscimo de 7,28% na produção total. comparado a um ambiente sem climatização.

No presente estudo, o sistema SOM+ASP promoveu um aumento na produção de leite de 6,5% em relação ao ambiente SOL, o que representa 1,32 Kg a mais na produção por animal. Cerutti et al. (2013) encontrou resultados mais expressivos em animais com uma produção diária menor, avaliando sistema de aspersão na sala de espera ele encontrou uma produção média de 11,24 e 13,97 dos animais sem acesso a aspersão e com acesso a aspersão na sala de espera, um aumento de 24,2%.

Contrapondo esses resultados, Pinheiro et al. (2005) não encontraram diferenças significativas comparando um ambiente de sala de espera com aspersão e ventilação com outro não climatizado. Houve somente uma diferença numérica favorável ao ambiente climatizado de 0,56 Kg. Esse fato foi justificado pelo potencial produtivo de vacas da raça Jersey utilizadas no estudo, bem como sua maior tolerância ao calor, e o ambiente mais ameno que foi desenvolvido o experimento

4.10 ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Para a análise econômica, os custos e ganhos devidos ao processo de climatização foram extrapolados para 60 animais, que representava o número total de animais em lactação da propriedade.

A Tabela 10 demonstra o levantamento dos custos para montagem da sala de espera climatizada. Para o tratamento SOM foi necessário considerar apenas os gastos referentes à construção da sala de espera, que foi de R\$ 2.721,18. Para o tratamento SOM+ASP considerou-se os gastos para construção da sala de espera adicionados ao sistema de aspersão, gerando um custo total de R\$ 3.546,23. Para o ambiente SOM+ASP+VEN considerou-se os gastos para montagem da sala de espera, sistema de aspersão e sistema de ventilação, gerando um custo total de R\$ 4.825,82.

TABELA 10 - Levantamentos dos custos para construção de sala de espera climatizada.

SALA DE ESPERA				
Levantamento de materiais	Preço (unit)	Unidade	Quantidade	Total
Metalon	R\$ 45,00	barra	10	R\$ 450,00
Perfil U estrutural enrijecido	R\$ 75,00	barra	13	R\$ 975,00
Sombrite 80% (4 mts)	R\$ 4,52	metros	34	R\$ 153,68
Mão de obra	-	-	-	R\$ 1.000,00
Cimento	R\$ 24,00	SC (50Kg)	2	R\$ 48,00
Areia	R\$ 74,00	m ³	0,5	R\$ 37,00
Material de montagem	-	-	-	R\$ 57,50
Subtotal 1				R\$ 2.721,18
SISTEMA DE ASPERSÃO				
Levantamento de materiais	Preço (unit)	Quantidade	Unidade	Total
Motor periférico	R\$ 192,00	1	unidade	R\$ 192,00
Material Elétrico	-	-	-	R\$ 21,55
Mão de obra	-	-	-	R\$ 250,00
Caixa d'água	R\$ 179,00	1	unidade	R\$ 179,00
Material Hidráulico	-	-	-	R\$ 182,50
Subtotal 2				R\$ 825,05
SISTEMA DE VENTILAÇÃO				
Levantamento de materiais	Preço (unit)	Quantidade	unidade	Total
Ventilador	R\$ 504,02	2	unidade	R\$ 1008,04
Material Elétrico	-	-	-	R\$ 21,55
Mão de obra				R\$ 250,00
Sub-total3				R\$ 1.279,59
Total				R\$ 4.825,82

Para cálculo dos custos fixos foram considerados os valores de depreciação do investimento, como pode ser observado na Tabela 11. O tempo de depreciação de cada investimento está de acordo com os valores estipulados pela de Conab (2015) e da IN SRF N° 162/98 (BRASIL, 1998).

TABELA 11 - Valores de depreciação dos investimentos feitos para construção de uma sala de espera climatizada

Material	Investimento	Vida útil	Dep. anual	Dep. Mensal
<i>Sala de Espera</i>				
Estruturas metálicas	R\$ 1.425,00	5 anos	R\$ 285,00	R\$ 23,75
Sombrite	R\$ 153,68	5 anos	R\$ 30,73	R\$ 2,56
Mão de obra	R\$ 1.000,00	5 anos	R\$ 200,00	R\$ 16,66
Material de montagem	R\$ 142,50	5 anos	R\$ 28,5	R\$ 2,37
<i>Subtotal 1</i>			<i>R\$ 544,23</i>	<i>R\$ 45,34</i>
<i>Sistema de Aspersão</i>				
Motor elétrico	R\$ 192,00	10 anos	R\$ 19,20	R\$ 1,60
Materiais elétricos	R\$ 21,55	10 anos	R\$ 2,15	R\$ 0,18
Materiais hidráulicos	R\$ 182,50	5 anos	R\$ 36,50	R\$ 3,04
Caixa d'agua	R\$ 179,00	5 anos	R\$ 35,80	R\$ 2,98
Mão de obra	R\$ 250,00	5 anos	R\$ 50,00	R\$ 4,16
<i>Subtotal 2</i>			<i>R\$ 143,65</i>	<i>R\$ 11,96</i>
<i>Sistema de Ventilação</i>				
Ventilador	R\$ 1.008,04	5 anos	R\$ 201,60	R\$ 16,8
Material elétrico	R\$ 21,55	10 anos	R\$ 2,15	R\$ 0,18
Mão de obra	R\$ 250,00	5 anos	R\$ 50,00	R\$ 4,16
<i>Subtotal 3</i>			<i>R\$ 253,75</i>	<i>R\$ 21,14</i>
	SOL	SOM	SOM+ASP	SOM+ASP+VEN
<i>Depreciação mês</i>		<i>R\$ 45,34</i>	<i>R\$ 57,3</i>	<i>R\$ 78,44</i>

Na Tabela 12 são apresentados os custos variáveis dos quatro tratamentos analisados neste estudo. Primeiramente, apresentam-se os gastos com água, que foram calculados através da vazão média de cada aspersor, que foi de 66 litros por hora. Esse valor foi multiplicado pelo número de aspersores (6), e posteriormente, multiplicado pelo tempo para climatizar todo rebanho (1,5 horas). Assim se obteve os gastos com água diários, que representou 594 Litros. Esses valores foram multiplicados por 30,5 para se obter os gastos por mês. Como na propriedade não havia tarifa para os gastos com água, esses custos não foram considerados.

Para os cálculos dos valores de energia elétrica, considerou-se a potência dos equipamentos elétricos. A bomba utilizada na aspersão tinha a potência de 0,5 cv ou 367,75

w, cada ventilador possuía um motor dessa mesma potência. Para o tratamento SOM+ASP foi considerado o gasto do motor, e para o tratamento SOM+ASP+VEN foram considerados os gastos com o motor para aspersão somado aos dois ventiladores. Esses valores foram multiplicados pelo tempo de climatização de todo rebanho (1,5 horas), tendo assim os gastos diários, em Kw h⁻¹. Posteriormente, esse valor foi extrapolado para o mês e foi multiplicado pelo valor do Kw h⁻¹ cobrado no mês do experimento, que foi de R\$ 0,43.

TABELA 12 - Custo variável mensal dos quatro ambientes de climatização em sala de espera.

Tratamentos	Água/dia	Água/mês	R\$/m ³	R\$/mês
SOL	-	-	R\$ 0,00	-
SOM	-	-	R\$ 0,00	-
SOM+ASP	594	17.820	R\$ 0,00	R\$ 0,00
SOM+ASP+VEN	594	17.820	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tratamentos	Energ./dia	Energ./mês	R\$/Kw h ⁻¹	R\$/mês
SOL	-	-	R\$ 0,43	-
SOM	-	-	R\$ 0,43	-
SOM+ASP	0,552 Kw	16,56 Kw	R\$ 0,43	R\$ 7,12
SOM+ASP+VEN	1,656 Kw	49,68 Kw	R\$ 0,43	R\$ 21,36
CUSTO MÊS				
	SOL	SOM	SOM + ASP	SOM + ASP + VEN
Energia	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 7,12	R\$ 21,36
Água	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
CUSTO TOTAL (Mês)	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 7,12	R\$ 21,36

SOL – Ambiente externo; SOM – Sombreamento; SOM+ASP – Sombreamento mais aspersão; SOM+ASP+VEN – Sombreamento, aspersão e ventilação.

Na Tabela 13 estão apresentadas as receitas geradas com a implantação de cada sistema de climatização. Utilizou-se a diferença da produção média em litros do tratamento SOL em relação aos outros sistemas para estimar o acréscimo de produção gerado por cada tratamento. Primeiramente foi feita a conversão da produção de Kg para Litros considerando a densidade média do leite de 1,04 g/ml. O acréscimo individual médio foi multiplicado por 60 (número de animais total em lactação da propriedade), obtendo-se assim, o acréscimo de produção diário e, posteriormente, o acréscimo de produção mensal. Esse valor foi multiplicado pela média do preço do leite no ano de 2014, segundo dados do CEPEA (2014).

Diminuindo os valores do custo fixo e variável, pela receita mensal, obteve-se a margem líquida mensal, a qual foi dividida por 30,5 para se obter o lucro diário. Dividindo-se o valor do investimento inicial pelo lucro diário, obteve-se o número de dias para o retorno do investimento.

TABELA 13 - Análise de receita proporcionada pelos diferentes sistemas de climatização em sala de espera, para um rebanho de 60 animais.

EFEITO DA CLIMATIZAÇÃO NA RECEITA				
	SOL	SOM	SOM + ASP	SOM+ASP+VEN
Acréscimo na produção (Lts.)	0	0,49	1,27	1,82
Ganho dia rebanho total (Lts.)	0	29,40	76,20	109,2
Ganho mês rebanho total (Lts.)	0	896,70	2.324,10	3.330,60
R\$ médio 2014	R\$ 1,04	R\$ 1,04	R\$ 1,04	R\$ 1,04
Valor monetário mês	0	R\$ 932,56	R\$ 2.417,06	R\$ 3.463,82
ANÁLISE ECONÔMICA				
	SOL	SOM	SOM + ASP	SOM+ASP+VEN
Receita mês	R\$ 0,00	R\$ 932,56	R\$ 2.417,06	R\$ 3.463,82
Custo mês (Fixo + variável)	R\$ 0,00	R\$ 45,34	R\$ 64,42	R\$ 99,80
Margem líquida mensal	R\$ 0,00	R\$ 887,22	R\$ 2.352,64	R\$ 3.364,02
Lucro diário	R\$ 0,00	R\$ 29,08	R\$ 77,13	R\$ 110,29
Investimento inicial	R\$ 0,00	R\$ 2.721,18	R\$ 3.546,23	R\$ 4.825,82
Total de dias para o retorno	-	93 dias	46 dias	44 dias

Verifica-se que, o tratamento que obteve o menor tempo para o retorno do investimento foi o sistema SOM+ASP+VEM, com um período de 44 dias. Almeida et al. (2010), avaliando um sistema de climatização de sala de espera por nebulização, obteve um tempo de 58 dias para o retorno do investimento. Já Silva et al. (2011) obtiveram um melhor resultado com uma climatização por nebulização de 40 minutos, reportando um período de 43 dias para o retorno do investimento.

5. CONCLUSÕES

A exposição dos animais a um ambiente sem nenhum tipo de climatização, reflete em respostas negativas sobre variáveis climáticas, índices de conforto térmico e variáveis fisiológicas, e perdas na produtividade.

O uso de sombreamento com tela de polipropileno (80%) resulta em melhorias no ambiente, houve um aumento de 2,5% da produção total quando os animais foram expostos a esse ambiente.

Os sistemas de resfriamento que utilizaram água na climatização, SOM+ASP e SOM+ASP+VEN, são mais eficientes em reduzir valores das variáveis ambientais e índices de conforto, exercendo efeitos positivos sobre a fisiologia do animal e consequentemente na sua produtividade.

O Sistema de Resfriamento evaporativo adiabático aumentou a produção média diária em 1,89 Kg/animal o que refletiu em uma maior receita líquida mensal, justificando sua implantação com um retorno do capital investido em 44 dias, nas condições desse estudo.

Dentre as variáveis fisiológicas analisadas, a frequência respiratória é a mais indicada como variável resposta de um ambiente, e o ITGU é o melhor indicador para análise do ambiente.

A temperatura da região dorsal e temperatura superficial são as mais indicadas como variável resposta para temperatura de pelame, pois apresentam maiores valores de correlação com os índices térmicos e com as variáveis ambientais.

O Índice de Carga Térmica é um índice que também pode ser utilizado como indicador de conforto térmico, pois apresenta alta correlação positiva com a frequência respiratória e temperatura retal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. L. P. **Climatização na pré-Ordenha de vacas da Raça Girolando e seus efeitos na Produção e Qualidade do Leite e no Comportamento Animal**. 2009. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; MORRIL, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1337-1344, 2010.
- AMARAL, R. S. **Efeitos da climatização das salas de espera e de ordenha na produção e composição do leite e em algumas variáveis fisiológicas de vacas mestiças holandês-zebu**. 2008. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008.
- ARAUJO, A. P. **Estudo Comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo b, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica**. 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.
- ARCARO JUNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S.V.; OLIVEIRA, C.A.. Teores plasmáticos de hormônios , produção e composição do leite em sala de espera climatizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 350-354, 2003.
- ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; DEL FAVA, C.; 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.
- ARCARO, J. R. P.; ARCARO JUNIOR, I.; POZZI, C. R.; MATARAZZO, S. V.; DIB, C. C.; FAGUNDES, H.; COSTA, E. O. Efeitos do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em free-stall sobre as respostas fisiológicas de vacas em lactação. **Boletim da Indústria Animal**, v. 63, p. 209-215, 2006.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.77, p.2044-2050, 1994.
- ASBIA (Associação Brasileira de Inseminação Artificial). **Relatório de comercialização de sêmen de 2011**. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>>. Acesso em: 26 mai. 2013.
- AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D. M.; MÜLLER, E. R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v.14, n.14, p.2878-2884, 2013.

- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 21 ed, 2009. 83p. (Série documentos – 188).
- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteira $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental de vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 269p.
- BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C.; GARCIA, D. B.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. O. J. **Tabela prática para avaliação do ambiente de confinamento de vacas holandesas em lactação**. Núcleo de Pesquisa em Ambiência: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/visualizadornoticias.php?id=26&lg=br>> Acesso em: 20 fev. 2015.
- BARBOSA, L. S. **Uso de sombreamento sobre índices térmicos respostas fisiológicas e desempenho de bezerras cruzadas $\frac{1}{2}$ Holandês x $\frac{1}{2}$ Jersey a pasto**. 2012. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.
- 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.
- BAQUERO, GODEARDO **Testes psicométricos e projetivos: medidas psico-educacionais**. 2ed. São Paulo: Loyola, 1974. 419p.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.68, n.6, p.1488–1495, 1985.
- BIANCA, W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. **Nature**, Londres, v.195, p.251-252, 1962.
- BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section: physiology of cattle in hot environment. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v.32, p.245-92, 1965.
- BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.90, n.4, p. 1947-1956, 2007.
- BRASIL. **Instrução Normativa N° 162**. Receita Federal. Diário Oficial da União, Brasília, 7 jan. 1999, p.5, 1998.

BRAZ, R. C. Fisiologia da termorregulação normal. **Neurociências**, São Paulo, v.13, n.3, p.12-17, 2005.

BROUK, M. J.; SMITH, J. F.; HARNER III, J. P. Effectiveness of fan and feedline sprinklers in cooling dairy cattle housed in 2 or 4 row freestall buildings. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 6., 2001, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASAE, 2001. p. 15-21.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: analyses of indicators. **Biosystem Engineering**, Londres, v.90, n.4, p.451-462, 2005.

BRUCKMAIER, R. M.; SCHAMS, K.; BLUM, J. W. Milk removal in familiar and unfamiliar surroundings: concentrations of oxytocin; prolactin; cortisol and β -endorphin. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v.60, n.4, p.449-456, 1993.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T. Estudo do potencial de redução da temperatura do ar por meio do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na região de Maringá-PR. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v.24, n.5, p.1575-1581, 2002.

CATTELAM, J.; VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v.108, p.96-102, 2013.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Preços ao produtor**. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/leite/?page=155>> 2014. Acesso em: 15 jan. 2015.

CERUTTI, W. G.; BERMUDEZ, R. F.; VIEGAS, J.; MARTINS, C. M. M. R. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção animal**, Salvador, v.14, n.3, p.406-412, 2013.

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.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Metodologia de cálculo de custo de produção da CONAB**. 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/comabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2015.

CONCEIÇÃO, M.N. **Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagens**. 2008. 138p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

COSTA, E.V. Medidas da Umidade Relativa do Ar em um Ambiente Fechado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.3, p.346-348, 2003.

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

DALCIN, V.C. Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico. 2013. 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DAVIS, S.; MADER, T. L. **Adjustments for Wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index**. Nebraska beef cattle reports, n.24, 4p. 2003.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.1, p.109-116, 2009.

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

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Criação de gado leiteiro na zona bragantina**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/instalacoes.htm>> 2005. Acesso em: 13 jan. 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Efetivo bovino, vacas ordenhadas e produção de leite no Brasil, 1975 a 2011**. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0232.php>>. Acesso em: 25 mai. 2014.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi, 1982. 325p.

FAÇANHA, D. A. E.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; et al. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.91–103, 2013.

FERREIRA, A. M.; MIRANDA, J. E. C. **Medidas de eficiência da atividade leiteira: índices zootécnicos para rebanhos leiteiros**. Juiz de Fora: Embrapa, 2007. 8p. (Comunicado técnico 54).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. M.; FERREIRA, A. C. M.; EZEQUIEL, J. M. B. Avaliação econômica da produção de bovinos confinados: estudo de caso. **Informações econômicas**, São Paulo, v.1, n.7, p.7-20, 2004.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L. , COELHO, S.G., CARVALHO, A.U., FERREIRA, P. M., FACURY FILHO, E. J., CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de

bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011. 401p.

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.

FLAMENBAUM, I.; WOLFENSON, D.; MAMEN, M.; BERMAN, A. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.69, n.12, p.3140–3147, 1986.

GALLARDO, M. R.; VALTORTA, S. E.; LEVA, P.E.; GAGGIOTTI, M. C.; CONTI, G. A., GREGORET, R. F. Diet and cooling interactions on physiological responses of grazing dairy cows, milk production and composition. **International Journal of Biometeorology**, Londres, v.50, n.2, p.90–95, 2005.

GAUGHAN, J. B.; TAIT, L. A.; EIGENBERG, R.; BRYDEN, W. L. Effect of shade on respiration rate and rectal temperatura of angus heifers. **Animal Production in Australia**, v.25, p.69–72, 2002.

GAUGHAN, J.B.; MADER, T.L., HOLT, S.M.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, n.1, p226-234, 2008.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. IN: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997. Minnesota. **Proceedings...** St. Joseph:ASAE,1997. P. 125-129.

HUBER, J. T. Relação entre nutrição e “stress” térmico em gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 6., 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p.63-65.

IGONO, M.O.; JONHNSON, H. D.; STEEVENS, B. J.; SHANKLIN, M. D. Physiological, productive and economic benefits of shade, and fan systems versus shade for Holstein cows during summer heat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, n.5, p. 1069-1079, 1987.

KASAMA, R.; ROMA, C. F. C.; BARBOSA, O. R.; ZEOULA, L. M.; DUCATTI, T.; TESOLIN, L.C. Orientação e sombreamento do confinamento e temperatura da superfície do pelame de bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.30, n.2, p.211-216, 2008.

KELLY, C.F.; BOND, T. E. Bioclimatic factors and their measurement. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. **A guide to environmental research on animals**. Washington, D.C., 1971. v.1, cap.2, p.7-92.

KENDALL, P. E., VERKERK G. A., WEBSTER J. R., TUCKER C. B. Sprinklers and shade cool cows and reduce insect-avoidance behavior in pasture-based dairy systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.90, n.8, p.3671-3680, 2007.

- LAGANÁ, C.; BARBOSA JUNIOR, A. M.; MÉLO, D. L. M. F.; RANGEL, J. H. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.6, n.2, p.67–76, 2005.
- LEGRAND, A.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Using water to cool cattle: behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, n.7, p.3376–86, 2011.
- LIMA, K. A. O.; MOURA, D. J.; NAAS, I. A.; PERISSINOTTO, M. Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v. 1, p. 63-73, 2007.
- LOPES, R. P.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. Princípios básicos de psicometria. In: SILVA, J.S.S. **Secagem em armazenagem de produtos agrícolas**. 2ed. Viçosa: Ed.UFV, 2008. cap.3, p. 39-62.
- LOPES, A.C.R. **Ganho de peso e rendimento de carcaça de bovinos de corte confinados com acesso a sombra**. 2009. 45p. Dissertação (Mestre 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**, Ohio, v.50, n.1, p.17-22, 2005a.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Respiratory heat loss of holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v.49, n.5, p. 332-336, 2005b.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; SOUZA JUNIOR, J. B.; SILVA, R. B.; DOMINGOS, H. G. T. Effective thermal conductivity of the hair coat of Holstein cows in a tropical environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.1751-1760, 2009.
- MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H.; OLIVEIRA, C. M. C. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças : origem , significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, n.9, p.781–790, 2011.
- MAPA- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Brasília: Mapa/ACS, 2013. 96p
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F. Avaliação do consumo e produção de leite de multíparas e primíparas submetidas a diferentes ambientes. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12., 2002, Villa Real. **Anais...** Villa Real: APEZ, 2002. p. 470-473.
- 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**, Viçosa, v.33, n.1, p.181–191, 2004.

- MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em free-stall**. 2006. 113p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Engenharia de Alimetos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S. L. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal of Biometeorology**, v.54, n.6, p. 647-652, 2010.
- MATARAZZO, S.V. **Eficiência do Sistema de resfriamento Adiabático evaporativo em confinamento do tipo free-stall para vacas em lactação**. 2004. 156p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2004.
- MATARAZZO, S.V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTO, M.; FERNANDES, S. A. A. Intermittência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.654–662, 2006.
- MELO, E. C.; LOPES, D. C.; CORRÊA, P.C. GRAPSI-Programa computacional para cálculo das propriedades psicométricas do ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.2, p.145-154, 2004.
- MIRANDA, J. E. C. M.; FREITAS, A. F. **Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite** : Heterose ou vigor de híbrido. Juiz de Fora: Embrapa, 2009.12p. (Circular técnica 98).
- MOTA, F.S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: UFPEL, 2001. 104p.
- NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.
- NASCIMENTO, G. V.; CARDOSO, E. A.; BATISTA, N. L.; SOUZA, B. B.; CAMBUI, G. B. Indicadores produtivos , fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v.9, n.4, p.28–36, 2013.
- NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. C.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A.; ALMEIDA, C. P. Conforto Térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508–517, 2009.
- NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.1, p.67–73, 2011.
- OLIVEIRA, F. A.; TURCO, S. H. N.; BORGES, I.; CLEMENTE, C. A. A., NASCIMENTO, T. V. C., LOIOLA FILHO, J. B. Parâmetros fisiológicos de ovinos Santa Inês submetidos a sombreamento com tela de polipropileno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.9, p.1014–1019, 2013.
- OLIVEIRA, T. B. A; FIGUEIREDO, R. S.; OLIVEIRA, M.W., NASCIF, C. Índices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira. **Sciencia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.4,p. 687-692, 2001.

PASSINI, R.; FERREIRA, F. A.; BORGATTI, L. M. O.; TERÊNCIO, H., SOUZA, R. T. Y. B. S., RODRIGUES, P.H.M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.31, n.3, p.303–309, 2009.

PEREIRA, M. C.; MERCADANTE, M. E. Z; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Results of 23 years of selection for postweaning weight in a caracu beef herd. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.38, n.2, p.136-144, 2008.

PERISSINOTO, M. **Sistemas de climatização em galpões tipo “freestall” para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 140p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F. Avaliação da produção de leite de bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v 30, n.1, p.135-142, 2006.

PERISSINOTO, M. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento do sistema de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

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

PINHEIRO, M. G.; NOGUEIRA, J. R.; LIMA, M. L. P.; LEME, P. R.; MACARI, M.; NÃÃS, I. A.; LALONI, L. A.; TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. F. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, Lisboa, v.12, n.2, p.37–43, 2005.

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).

R DEVELOPMENT CORE TEAM R: **A language and environment for statistical computing**. R foundation for Statistical Computing, Viena, 2012.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. M. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite-revisão. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v.20, n.3, p.9–18, 2013.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de kööpen e de thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, n.4, p.711–720, 2007.

ROMA JUNIOR, L. C.; SILVA, I. J. O.; PINHEIRO, M. G.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação física do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em instalações do tipo

freestall para bovinos de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23. Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu, 2001.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; WEBSTER, J. R.; TUCKER, C. B. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: effects on behavior and physiology. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, n.1, p.273–283, 2011.

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

SILVA, A. C. S. B. **Zoneamento bioclimático brasileiro para fins de edificação**. 1994. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SILVA, B. C. M. **Efeito do ambiente térmico nas respostas fisiológicas, produtivas, características do pelame e no comportamento de vacas holandesas puras por cruza no norte de Minas Gerais**. 2011. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.

SILVA, E. C. L.; MODESTO, E. C.; AZEVEDO, M.; FERREIRA, A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.31, n. 3, p.295–302, 2009.

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, I. J. O.; PANDORFI, H.; ARCARO JUNIOR, I. A.; PIEDADE, S. M. S.; MOURA, D. J. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.2036–2042, 2002.

SILVA, I. M.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M. Benefits of automated acclimatization during the pre-milking phase of lactating girolando cows. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.5, p.847–856, 2011.

SILVA, R. G.; ARANTES NETO, J. G.; HOLTZ FILHO, S. V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. **Brazilian Journal Genetics**, v.11, p. 335-347, 1988.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.1192–1198, 2007.

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, S. C. **Caracterização climática do estado de Goiás** (Série Geologia e Mineração), Goiânia: Superintendência de geologia e mineração, 2006. 133p.

SILVA, T. P. D.; OLIVEIRA, R. G.; SOUSA JÚNIOR, S. C.; SANTOS, K. R. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.3, n.4, p.299–305, 2012.

SIMÕES, G.H. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em free stall sob diferentes condições de climatização**. 2014. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Paraná, Palotina, 2014.

SMITH, J. F.; ARMSTRONG, D. V.; GARMOTH, M. J.; MARTIN, J. G. Planing the milking center in expanding dairies. **Journal of Dairy Science**, Champaign, n.80, p.1866-1871, 1997.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.8, n.3, p.06-10, 2012.

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**, Patos, v.6, p. 59-65, 2010.

SOUZA, C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F.C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.157–164, 2002.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MARCHETO, F. G.; SALGADO, D. D. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento o “ free stall ” para bovinos de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2, p.299–303, 2004.

SOUZA, W. **Comportamento de bovinos de corte e o microclima em sistemas silvipastoris com eucaliptos**. 2008. 96p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

THATCHER, W. W.; FLAMENBAUM, I.; BLOCK, J.; BILBY, T. R. Manejo de estresse calórico e estratégias para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivo em vacas de leite. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 14, 2010, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: 2010, 429p.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washigton, v.12, n.2, p. 57-61, 1959.

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.

TURNER, L. W.; WARNER, R. C.; CHASTAIN, J. P. **Micro-Sprinkler and Fan Cooling for Dairy Cows: Practical Design Considerations**. University of Kentucky, Extension Service, USA. 1997.

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 da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

WILHELM, L. R. Numerical calculation of psychrometric properties. **Transactions of ASAE**, v.19, n.2, p.318-322,325, 1976.

YOUSEF, M. K Stress physiology in livestock. **CRC Press**, Boca Raton, 1985.

ZIMBELMAN, R. B.; RHOADS, R. P.; RHOADS, M. L. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. IN: COLLIER, R.J. **Proceedings of the southwest nutrition conference**, Arizona, 2009.p.158-169.

ANEXO A

