

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

PRISCILLA AYLEEN BUSTOS MAC-LEAN

**Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas
de bezerros em aleitamento em clima quente**

Pirassununga
2012

PRISCILLA AYLEEN BUSTOS MAC-LEAN

Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Holmer Savastano Júnior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

B982p	<p>Bustos Mac-Lean, Priscilla Ayleen</p> <p>Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente / Priscilla Ayleen Bustos Mac-Lean. -- Pirassununga, 2012.</p> <p>103 f.</p> <p>Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Alimentos.</p> <p>Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Holmer Savastano Junior.</p> <p>1. Bem-estar 2. Comportamento 3. Desempenho 4. Estresse térmico 5. Fotoperíodo 6. Termografia. I. Título.</p>
-------	--

À Deus, que me guiou e me abençoou em mais uma jornada.

**Aos meus pais, Origen Roberto Franklin Bustos Peredo
e Gilda Luisa Mac-Lean Meneses, pelo amor incondicional.**

Ao meu irmão Felipe, pelo apoio e amizade.

**Aos meus amores, Kitty e Hulk, companheiros
das madrugadas de estudo.**

Aos animais, razão da minha realização profissional.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Holmer Savastano Junior, pela orientação e apoio nestes anos de trabalho.

Ao Prof. Dr. Evaldo Antônio Lencioni Titto, amigo, conselheiro, e parceiro de todas as horas.

Ao Dr. Luiz Carlos Roma Júnior (Júnior), pelo auxílio na realização do projeto, pelas discussões, pela amizade e compreensão.

A Profa. Dra. Cristiane Gonçalves Titto, pelo auxílio nas análises estatísticas deste trabalho.

Aos funcionários e pesquisadores da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), pela ótima receptividade e paciência nos meses de experimento.

Aos colegas do Laboratório de Construções Rurais, Zaqueu, Humberto, Aline, Diego, Rene, Sérgio, Ronaldo, Celso (Teco), Prof. Dr. Juliano, Prof. Dr. Celso por serem tão prestativos e queridos todas as horas que precisei.

Aos meus amigos do coração, Prof. Margutti e Rafaela, pelas conversas, risadas, conselhos, caminhadas e passeios ciclísticos, campeonatos de vôlei e eterna amizade.

Ao Élvio, companheiro, amigo, e por ter me dado força e ânimo.

Às amigas, Débora, Lenita, Reíssa, Qui, Thata, Bruna, Camila, Viviane, Michelle, Camila Pereira, por compartilhar risos, lágrimas, estresses, alegrias, viagens, casa e geladeira comigo.

Aos companheiros de alojamento da APTA, Marco Aurélio, Rodrigo (China), Elisa, Suelen, Eduardo, Luis, pelos momentos de estudo, churrascos, e ajuda nas madrugadas de experimento.

Aos colegas da Biblioteca, do GMA, do VNP, do LABE, do Restaurante, da Pós, enfim, todos que participaram destes anos da minha vida.

Aos meus alunos de Espanhol, com os quais pude descobrir meu amor pela docência.

À FAPESP pela bolsa e auxílio concedido para elaboração deste projeto.

À Capes pela bolsa durante o curso.

À TODOS que ajudaram direta ou indiretamente para a realização de mais um sonho

E finalmente, agradeço aos bezerras, Princesa, Carvão, Orquídea, Príncipe, Quênia, Zé, Quebeca, Odalisca (Tortinha), Quitéria, Querida, Boneca, Olímpia, Bandido, Brutus, Colosso, Adriano, Quaresma, Quirera, Chico e Vigésima, filhotes que não me deixaram desistir.

Tocando em frente

Ando devagar, porque já tive pressa
E levo esse sorriso, porque já chorei demais

Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco sei,
Ou nada sei

Conhecer as manhas, e as manhãs
O sabor das massas e das maçãs

É preciso amor pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir

Penso que cumprir a vida seja simplesmente
Compreender a marcha e ir tocando em frente

Como um velho boiadeiro levando a boiada
Eu vou tocando os dias pela longa estrada, eu vou
Estrada eu sou

Conhecer as manhas e as manhãs
O sabor das massas e das maçãs

É preciso amor pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir

Todo mundo ama um dia, todo mundo chora
Um dia a gente chega e no outro vai embora

Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si, carrega o dom de ser capaz
E ser feliz

Conhecer as manhas e as manhãs
O sabor das massas e das maçãs

É preciso amor pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir

Ando devagar, porque já tive pressa
E levo esse sorriso, porque já chorei demais

Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si, carrega o dom de ser capaz
E ser feliz

(Almir Sater)

RESUMO

BUSTOS MAC-LEAN, P.A. **Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente.** 2012. 103f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

Este trabalho teve como objetivo avaliar um programa de suplementação de luz no desenvolvimento, desempenho e comportamento de bezerros em aleitamento e o uso da câmera termográfica como método para avaliação de variáveis fisiológicas por método não invasivo. O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, em Ribeirão Preto, SP. Foram utilizados 20 bezerros Jersey e mestiços da raça, divididos em dois tratamentos, com e sem programa de suplementação de luz artificial. O programa de suplementação de luz artificial consistiu em 6 h de luz artificial (das 00:00 as 6:00 h), completando 18 horas de luz por dia. Foram avaliadas as características fisiológicas dos animais: frequência respiratória (FR), temperatura da superfície do pelame (TSP), temperatura auricular (TA), temperatura caudal (TC) e temperatura retal (TR). A ingestão de ração e água também foi estudada. Avaliou-se também o desenvolvimento dos animais através dos ganhos médios diários de peso (GPMD), de altura, de comprimento e de perímetro torácico (PT). Foi estudado o comportamento social e ingestivo dos animais. E por fim, através de cinco coletas de dados em dias de alta entalpia, onde os dados foram registrados em quatro horários (18:00, 00:00, 06:00 e 12:00 h). Foram registradas as seguintes variáveis fisiológicas: TSP e TC, TA, e TR (método convencional). As fotos termográficas foram registradas com uma câmera termográfica, nos mesmos dias e horários de registros das variáveis fisiológicas pelo método convencional. As variáveis fisiológicas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,0001$), porém apresentaram diferença entre os horários de coleta, sendo que as maiores temperaturas foram encontradas na coleta das 12 h. O consumo de água e ração no experimento não teve variação significativa ($P > 0,01$). Nos dias de alta entalpia a ingestão de água variou somente para o período de 31 a 75 dias de idade dos animais. O desenvolvimento dos animais mostrou diferença quando foram submetidos ao programa de suplementação de luz. O GPMD e o PT dos animais foi maior ($P < 0,001$) para o tratamento sem luz, a altura foi influenciada ($P=0,008$) pela idade dos animais e o comprimento variou de acordo com o tratamento ($P = 0,006$) e a idade ($P = 0,001$). O programa de suplementação de luz não mostra diferenças nas variáveis fisiológicas e no consumo de alimento de bezerros em aleitamento, e o desenvolvimento dos animais é

prejudicado nesta fase. O comportamento social dos animais não sofreu efeito significativo ($P > 0,05$) do tratamento de luz, porém os períodos do dia dividido de seis em seis horas, influenciou a comportamento dos animais. As atividades de ócio e dormindo são as mais frequentes na criação de bezerros em aleitamento. O comportamento ingestivo é alterado pela presença de luz e pelo período do dia, sendo que os animais mostram maior consumo de água e ração quando não são submetidos a luz artificial. Os valores obtidos pelos dois métodos de colheita de dados foram correlacionados. Contudo, é possível relacionar fotos termográficas de bezerros em aleitamento com o método convencional de registro de temperaturas corporais. Para este trabalho, utilizou-se a temperatura auricular, na qual foi apresentada uma regressão para obter as demais temperaturas corporais do animal.

Palavras-chave: bem-estar, comportamento, desempenho, estresse térmico, fotoperíodo, termografia

ABSTRACT

BUSTOS MAC-LEAN, P.A. **Program of supplementary light and the relationship between physiological and thermography variables of suckling calves in hot weather.** 2012. 103f. PhD Tesis – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

This study aimed to evaluate a light supplementation program on the development, performance and behavior of suckling calves and the use of thermographic camera as an evaluation method of physiological variables by a non-invasive method. The experiment was conducted in Sao Paulo Agency of Agribusiness Technology – APTA, in Ribeirao Preto, SP, Brazil. Were used 20 Jersey and crossbred calves, divided in two treatments, with and without artificial light supplementation. The light supplementation program consisted on 6 hours of artificial light (from 00:00 to 6:00 h), completing 18 hours of light per day. Were evaluated the physiological characteristics of the animals: respiratory frequency (RF), coat surface temperature (CST), ear temperature (ET), tail temperature (TT) e rectal temperature (RT). The ingestion of food and water was also considered. Was also evaluated the development of the animals through the daily average weight gain (BG), height, length and thoracic girth (TG). It was also evaluated the social and ingestive behavior of the animals. The experiment consisted of collecting data on five days of high enthalpy, where the data were recorded at four times (18, 00, 06 and 12 hours). It recorded the following physiological variables: coat surface temperature (CST) and flow temperature (FT) with infrared thermometer, ear temperature (ET) with digital ear thermometer, and rectal temperature (RT) with digital thermometer (conventional method). The thermography images were recorded with a thermography camera, on the same days and hours of record of physiological variables by the conventional method. Physiological variables showed no significant difference between treatments ($P > 0,0001$), but differ between the collection times, and the highest temperatures were found in the collection of 12 h. The water and food intake in the experimente did not change significantly ($P > 0.01$). In the days of high water intake varied only for the period from 31 to 75 days old animals. The development of the animals showed a difference when they were submitted to the program of supplemental lighth. The ABW and TG of the animals was higher ($P < 0,001$) for the treatment without light, and was also influenced ($P=0,008$)bye the age and length of the animals varied according to treatment ($P = 0,006$) and age ($P = 0,001$). The programo f supplementary light shows no diferences in physiological parameters, feed intake of suckling calves, and development of animals is impaired at this stage. The social behavior

of animals was not affected ($P > 0,05$) of the light treatment but the periods of the divided every six hours, influenced the behavior of animals. The leisure and sleeping activities are the most frequent in the creation of suckling calves. Feeding behavior is altered by the presence of light and time of day, and the animals show higher consumption of water and food when they are not subjected to artificial light. The values obtained by two methods of data collection were correlated. It is possible to relate thermography pictures of suckling calves on the conventional method if recording body temperatures. For this work we use the ear temperature, which was presented in a regression to obtain the rest of the animal body temperatures.

Keywords: welfare, behavior, performance, thermal stress, photoperiod, thermography

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cabanas individuais para bezerros cobertas com telhas de fibrocimento.	40
Figura 2. Disposição das cabanas tropicais em três fileiras.	40
Figura 3. Holofote com lâmpada (dia e noite) para o programa de suplementação de luz.	42
Figura 4. Programa de suplementação de luz durante o dia e a noite.	43
Figura 5. Cabana individual com os baldes para alimentação dos bezerros.	44
Figura 6. Fornecimento de leite (ou água) e ração para os animais.	44
Figura 7. Colheita das variáveis fisiológicas dos animais (a. Frequência Respiratória, b. Temperatura da superfície da pele, c. Temperatura auricular, d. Temperatura caudal, e. Temperatura retal).	45
Figura 8. Pesagem de ração e água.	46
Figura 09. Animal sendo pesado na balança digital.	47
Figura 10. Altura dos bezerros	47
Figura 11. Perímetro torácico do bezerro.	48
Figura 12. Comprimento do bezerro.	48
Figura 13. Frequência respiratória (bpm) dos bezerros durante o dia.	49
Figura 14. Valores médios das variáveis fisiológicas (TSP, TA, TC e TR) durante o dia.	51
Figura 15. Cabanas individuais para bezerros cobertas com telhas de fibrocimento.	60
Figura 16. Disposição das cabanas tropicais em três fileiras.	61
Figura 17. Holofote com lâmpada (dia e noite) para o programa de suplementação de luz.	63
Figura 18. Programa de suplementação de luz durante o dia e a noite.	63
Figura 19. Cabana individual com os baldes para alimentação dos bezerros.	64
Figura 20. Fornecimento de leite (ou água) e ração para os animais.	65
Figura 21. Pesagem de ração e água.	66
Figura 22. Frequências das posturas em pé e deitado de bezerros em aleitamento durante um período de 24 horas dividido em quatro períodos.	68
Figura 23. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 18:00 e 24:00 horas.	71
Figura 24. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 24:00 e 06:00 horas.	72
Figura 25. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 06:00 e 12:00 horas.	72
Figura 26. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 12:00 e 24:00 horas.	73

Figura 27. Ingestão de água e ração de bezerros em aleitamento nos períodos noturno e diário.	74
Figura 28. Cabanas individuais para bezerros cobertas com telhas de fibrocimento.	78
Figura 29. Cabana individual com os baldes para alimentação dos bezerros.	80
Figura 30. Fornecimento de leite (ou água) e ração para os animais.	80
Figura 31. Colheita das variáveis fisiológicas dos animais (a. Frequência Respiratória, b. Temperatura da superfície da pele, c. Temperatura auricular, d. Temperatura caudal, e. Temperatura retal).	82
Figura 32. Desenho esquemático do funcionamento da câmera termográfica: emissão de radiação infravermelha da orelha do bezerro, interferência da atmosfera e geração da imagem em infravermelho do objeto (termografia).	83
Figura 33. Coleta de fotos termográficas.	84
Figura 34. Imagens registradas com o termovisor acompanhadas da palheta de temperatura (°C) e cor, e imagens registradas com uma câmera digital.	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura do globo negro e índice de temperatura de globo e umidade: valores médios e suas variações registradas nos meses de experimento nos quatro horários de coleta.	41
Tabela 2. Composição da ração comercial para bezerros.	43
Tabela 3. Relações entre as variáveis fisiológicas térmicas (TSP, TA, TC, TR) para animais em ambiente com ou sem luz artificial em relação a FR.	52
Tabela 4. Consumo de água e ração (g) nos dias de entalpia alta e baixa nos dois períodos de vida dos bezerros (até 30 dias e de 31 a 75 dias)	54
Tabela 5. Valores de GPMD (g) para as idades de até 30 dias e de 31 a 75 dias para bezerros em instalações com e sem luz artificial.	55
Tabela 6. Valores de PT (cm) para as idades de até 30 dias e de 31 a 75 dias para bezerros em instalações com e sem luz artificial.	56
Tabela 7. Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura do globo negro e índice de temperatura de globo e umidade: valores médios e suas variações registradas nos meses de experimento nos quatro horários de coleta.	62
Tabela 8. Composição da ração comercial para bezerros.	64
Tabela 9. Descrição dos comportamentos observados nos bezerros experimentais.	65
Tabela 10. Frequências (%) das posições analisadas nas coletas de comportamento de bezerros em aleitamento nos períodos divididos durante as 24 horas do dia.	67
Tabela 11. Frequências (%) das atividades diárias observadas nos quatro períodos do dia (18:00 às 24:00; 24:00 às 06:00; 06:00 às 12:00; 12:00 às 18:00) de bezerros em aleitamento ($P < 0,0001$).	69
Tabela 12. Frequências (%) das atividades diárias observadas por 24 horas de bezerros em aleitamento submetidos ou não a um programa de suplementação de luz.	70
Tabela 13. Frequências (%) do comportamento ócio deitado e ruminando deitado de bezerros em aleitamento durante um período de 24 horas.	71
Tabela 14. Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura do globo negro e índice de temperatura de globo e umidade: valores médios e suas variações registradas nos meses de experimento nos quatro horários de coleta.	79
Tabela 15. Composição da ração comercial para bezerros.	80
Tabela 16. Correlação entre as temperaturas registradas de forma convencional e pelo termovisor.	87
Tabela 17. Tabela 16. Correlação entre as temperaturas registradas de forma convencional e pelo termovisor.	87

LISTA DE ABREVIATURAS

APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Tar – temperatura do ar

UR – umidade relativa

TGN – temperatura do globo negro

NDT – nutrientes digestíveis totais

PB – proteína bruta

FB – fibra bruta

EE – extrato etéreo

MM – matéria mineral

FR – frequência respiratória

TSP – temperatura da superfície do pelame

TA – temperatura auricular

TC – temperatura caudal

TR – temperatura retal

GPMD – ganho de peso médio diário

PT – perímetro torácico

ITGU – índice de temperatura de globo e umidade

W – watts

KJ/Kg – quilo-joule por quilo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Bovinocultura de leite em clima tropical	18
2.2. Ambiente para bovinos	19
2.3. Homeotermia em bovinos	20
2.4. Estresse térmico	21
2.5. Indicadores fisiológicos e comportamentais	23
2.6. Programa de suplementação de luz	24
2.7. Termografia	26
3. JUSTIFICATIVA	28
4. OBJETIVOS	29
4.1. Objetivo Geral:	29
4.2. Objetivos específicos:	29
5. MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1. Descrição Geral	30
5.2. Programa de suplementação de luz artificial	30
5.3. Alimentação	31
5.4. Variáveis analisadas	31
5.5. Análise estatística	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
7. EXPERIMENTO 1: Variáveis fisiológicas, desempenho e desenvolvimento de bezerros em aleitamento submetidos a um programa de suplementação de luz artificial	38
7.1. Introdução	39
7.2. Material e métodos	39
7.3. Resultados e discussão	49
7.4. Conclusão	57
8. EXPERIMENTO 2: Comportamento ingestivo e social de bezerros em aleitamento submetidos a um programa de suplementação de luz	58
8.1. Introdução	59
8.2. Material e métodos	60

8.3. Resultados e discussão	67
8.4. Conclusão	74
9. EXPERIMENTO 3: Correlação entre métodos para registro de parâmetros fisiológicos para bezerros em aleitamento utilizando termografia infravermelha	75
9.1. Introdução	76
9.2. Material e métodos	77
9.3. Resultados e discussão	86
9.4. Conclusão	88
10. CONCLUSÕES FINAIS	89
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está localizado a uma latitude de até 30° sul e com isso compreende uma das faixas mais quentes do planeta, com médias de temperatura oscilando entre 20 e 30°C ao longo do ano. Os efeitos provocados por grandes diferenças de temperaturas durante o ano são, muitas vezes, limitantes ao desenvolvimento, produção e reprodução dos animais, devido ao estresse a ele associado. Sobretudo no verão, a temperatura de conforto para a produção de bovinos leiteiros é excedida, o que torna o estresse térmico um dos principais agravantes na produção no país.

Para Leme et al. (2005), animais de raças especializadas para produção de leite, selecionados em regiões temperadas, são pouco adaptados às condições climáticas de zonas tropicais, o que constitui um dos maiores problemas de produtividade em algumas regiões brasileiras produtoras de leite. As dificuldades têm início na criação dos bezerros, os quais são afastados da mãe logo ao nascer e colocados em um novo ambiente, o que pode se tornar um agente estressor para o animal.

O principal objetivo da criação de bezerros em sistemas de produção leiteira é a reposição de animais do plantel. Para isso, torna-se necessário que estes animais tenham um desenvolvimento satisfatório, livres do máximo de fatores que possam interferir na criação.

O estresse caracteriza-se pela soma de mecanismos de defesa do animal a um agente estressor. O efeito estressante começa com o reconhecimento de uma ameaça ao bem-estar, que, quando percebida, o organismo reage com suas defesas exprimindo diferentes respostas. Os animais homeotermos mantem a temperatura corporal relativamente constante por meio de mecanismos fisiológicos e comportamentais ligados a termorregulação. Sob condições térmicas adequadas, a maioria dos ruminantes consegue manter o equilíbrio entre produção e dissipação de calor. Estas mudanças são verificadas pela medição de temperaturas corporais por métodos muitas vezes considerados invasivos.

A termografia é uma modalidade de diagnóstico por imagem que mensura o calor cutâneo emanado, detectando variações de temperatura, identificando possíveis danos antes que haja manifestações clínicas aparentes e é uma ferramenta a mais para prevenção. Stewart et al (2005) recomendaram a termografia infravermelha como um método eficaz para o estudo do bem-estar animal, principalmente por se um método não-invasivo.

Em ambientes de clima quente, estratégias podem ser utilizadas para aumentar o desempenho animal e diminuir o estresse, a primeira é utilizar raças geneticamente adaptadas ao ambiente local; a segunda é alterar o ambiente a fim de reduzir o estresse térmico pelo

calor (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999). Alterando o ambiente, há possibilidade de modificar o comportamento do animal, como por exemplo, os horários de ingestão de alimento.

Estudos mostram que programas de suplementação de luz artificial para alongar o fotoperíodo diário é uma ferramenta para melhorar os índices zootécnicos de animais de produção. Suplementação de luz (16 a 18 h de luz) durante a lactação tem sido usada para aumentar a produção de leite em vacas em lactação (EVANS E HACKER, 1989; DAHL et al., 1997, 2000) e estimular o ganho de peso em novilhas (TUCKER et al., 1984). Novilhas (84 ± 15 d de idade) expostas a fotoperíodos longos apresentaram maior crescimento e um início mais precoce da puberdade em comparação com novilhas expostas as fotoperíodos curtos (8 h de luz e 16 h de escuro; RIUS et al, 2005). A manipulação do fotoperíodo, portanto, oferece uma ferramenta que poderia aumentar o crescimento e acelerar o início da puberdade (HANSEN et al., 1983; PETITCLERC et al., 1983; SCHILLO et al., 1992) e, portanto, reduzir a idade de bezerros ao desmame e início da fase reprodutiva.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bovinocultura de leite em clima tropical

A cadeia produtiva do leite é uma das mais importantes do complexo agroindustrial brasileiro. Movimenta anualmente cerca de US\$10 bilhões, emprega 3 milhões de pessoas, das quais acima de 1 milhão são produtores, e produz aproximadamente 20 bilhões de litros de leite por ano, provenientes de um dos maiores rebanhos do mundo, com grande potencial para abastecer o mercado interno e exportar (CARVALHO et al., 2011).

O Brasil é o sexto maior produtor de leite do mundo e cresce a uma taxa anual de 4%, superior à de todos os países que ocupam os primeiros lugares. Respondemos por 66% do volume total de leite produzido nos países que compõem o Mercosul.

Nos últimos anos a produção de leite no Brasil vem passando por um processo de especialização nas áreas da genética, reprodução e nutrição, objetivando a obtenção de animais mais produtivos. Esse processo aconteceu numa velocidade acelerada, gerando animais mais exigentes, com altas taxas metabólicas, alta produção de calor endógeno, e conseqüentemente, menos resistentes aos efeitos das condições ambientais e mais sensíveis aos agentes estressores como temperatura ambiente, radiação solar incidente e todas as variáveis que compõem o ambiente de produção (MELLACE, 2009).

A criação de bezerros é uma das etapas mais importantes da pecuária de leite, pois dela depende a sustentabilidade do sistema de produção. Normalmente, os bezerros são separados da mãe durante a primeira semana de suas vidas e alimentados com leite. A separação rápida da vaca é importante para sua máxima produção, porém este sistema pode ser uma desvantagem para os bezerros. Por isso, eles precisam ser bem criados.

Para isto é necessário que os animais sejam criados em um ambiente que lhes proporcione expressar seu potencial de crescimento e desenvolvimento. Broom (1991) caracterizou o bem-estar como o estado de um dado organismo durante as suas tentativas de se ajustar ao seu ambiente não tendo estresse.

O Brasil encontra-se, com maior parte do seu território, na faixa tropical, onde a temperatura média anual excede a temperatura de conforto para a produção de bovinos leiteiros, o que torna o estresse térmico um dos principais agravantes na produção no país. Medidas que amenizem essa situação de desconforto devem ser adotadas.

2.2. Ambiente para bovinos

Segundo Head (1995) o ambiente compreende todos os fatores físicos, químicos e biológicos que circundam o corpo do animal, e que inclui fatores relativos a temperatura e luz, fatores que provoquem mudanças de comportamento e que causem doenças, entre outros, variando com o tempo e a localidade.

O ambiente pode ser definido como o conjunto de tudo o que afeta a constituição, o comportamento e a evolução de um organismo, e que não envolve diretamente fatores genéticos (SILVA, 2000); assim pode-se dizer que o ambiente é responsável pela maior parte da interferência existente nas condições de vida de um organismo. O clima, por sua vez, é o conjunto de condições meteorológicas (temperatura, pressão, ventos, umidade e chuvas) características de um estado médio da atmosfera em um dado ponto terrestre (FERREIRA, 1995).

Os animais homeotermos respondem às mudanças da sua temperatura corporal interna, modificando adequadamente tanto a produção de calor metabólico quanto a perda de calor pela superfície corporal. A temperatura interna da maioria dos mamíferos situa-se na faixa de 36 a 40° C, sendo, conseqüentemente mais alta que a temperatura do ar encontrada em grande parte dos ambientes terrestres (MÜLLER, 1989). Desta forma a adaptação ao ambiente frio exige apenas uma melhora quantitativa daqueles mecanismos que restringem a perda de calor e aumentam a produção de calor endógeno. Por outro lado, é muito mais difícil a termorregulação eficaz sob condições de calor intenso. Quando a temperatura ambiente exceda a da pele, o gradiente térmico normal inverte-se e o calor flui do ambiente para o corpo (HARDY, 1981).

Segundo Silva (2000) existem dois pontos de vista para a conceituação do termo adaptação. O primeiro é genético, e define adaptação como sendo o conjunto de alterações nas características herdáveis que favorecem a sobrevivência de uma população de indivíduos em um determinado ambiente. O segundo é biológico, resultando da ação conjunta de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais, no sentido de favorecer a sobrevivência e promover o bem-estar de um organismo em um ambiente específico.

2.3. Homeotermia em bovinos

2.3.1. Trocas Térmicas

Os bovinos são capazes de manter a estabilidade fisiológica do seu corpo. Esta capacidade refere-se aos mecanismos de autorregulação e controle dos estados químicos e funcionais internos do organismo frente às flutuações do ambiente externo (MCFARLAND, 1999). Esse equilíbrio dinâmico é denominado de Homeostase.

Para os animais manterem sua homeotermia existe um centro regulador, localizado no sistema nervoso central (SNC). A temperatura média está na dependência do sistema nervoso central. Existe a captação das sensações de frio e de calor na superfície dos animais através das células especializadas, que funcionam como termorreceptoras periféricas, levando as sensações ao SNC.

Conforme descrito por Müller (1989) o hipotálamo anterior é responsável pelos ambientes quentes e o posterior protege dos ambientes frios. O hipotálamo controla a produção e dissipação de calor por vários mecanismos: 1) Fluxo de sangue na pele (mecanismo vasomotor); 2) Ereção de pelos (músculo eretor); 3) Sudoração (glândulas sudoríparas); 4) Frequência respiratória, e 5) Modificação Metabólica.

A termorregulação refere-se especificamente à capacidade do animal em manter a temperatura corporal estável. A habilidade de regular a temperatura interna é uma adaptação evolutiva que permite aos animais homeotermos minimizar problemas provenientes da variação da temperatura externa (SILANIKOVE, 2000), pois suas taxas metabólicas criam uma fonte interna de calor, além de possuírem estruturas isolantes na superfície corporal que previnem a dissipação descontrolada de calor (MCFARLAND, 1999).

A via preferencial de perda de calor pelos ruminantes é a evaporativa, porém lançam mão da diminuição da ingestão de alimento para diminuir a produção de calor caso as altas temperaturas sejam muito prolongadas (SILVA, 2005). Conforme descreve Titto (1998), as principais vias de perda de calor corporal são:

a) Condução: transferência de calor pelo contato direto através de superfícies sólida e/ou líquidas, entre regiões com temperaturas diferentes.

b) Convecção: Ocorre como resultado da circulação do sangue aquecido vindo do interior do corpo para os tecidos mais frios da superfície, potencializada principalmente pela passagem de ar frio através da pelagem do animal.

c) Radiação: Troca de calor que ocorre no vácuo. Desta forma os animais ganham e perdem calor por irradiação, dependendo da diferença de temperatura existente entre o animal e todo o ambiente que o envolve.

d) Evaporação: Evaporação da água que propicia perda de calor. e) Ofego: Perda de calor quando ao respirar o animal expira ar mais aquecido do que quando foi inspirado. Por perderem muita água através da respiração, os animais tendem a usar esse recurso somente em situações emergenciais.

Em ambientes quentes, as trocas por radiação são as dominantes, enquanto que a convecção tende a ser dominante em ambientes frios (SILVA, 2000). É importante separar os desafios fisiológicos associados a ambientes quentes e secos de ambientes quentes e úmidos. Em ambientes quentes e secos o baixo teor de umidade atmosférica facilita a evaporação, tornando muito eficaz o resfriamento evaporativo. No entanto, uma vez que a água é escassa nessa situação, a extensão do resfriamento por evaporação é limitada pela disponibilidade de água. Nos ambientes quentes e úmidos, por outro lado, não há falta de água, porém a umidade atmosférica restringe a evaporação, impondo limites ao resfriamento evaporativo (HARDY, 1986).

2.4. Estresse térmico

O estresse caracteriza-se pela soma de mecanismos de defesa do animal a um agente estressor. O efeito estressante começa com o reconhecimento de uma ameaça ao bem-estar, que, quando percebida, o organismo reage com suas defesas exprimindo diferentes respostas.

A primeira delas é ocasionada pela alteração comportamental, como a diminuição da ingestão de alimento (PETERS et al., 2007), seguida de reações do sistema nervoso central que coordena a liberação de hormônios como as catecolaminas (adrenalinas e noradrenalinas) que reagem na tentativa de restabelecer a homeostase, provocando alterações nos batimentos cardíacos, pressão sanguínea, sudorese, entre outros (FERREIRA et al., 2006; PETERS; SILVEIRA; RODRIGUES, 2007; PERISSINOTO, 2003).

Segundo Broom (1986,1991) o termo “bem-estar” refere-se ao estado de harmonia de um indivíduo em relação ao seu ambiente, caracterizado por condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal. Quando o animal não se adéqua ou tem dificuldade para se adequar ao ambiente o nível de bem-estar deste animal é considerado baixo e pode ser associado a vários motivos, como dor, desconforto e sofrimento. O baixo bem-estar leva a algumas conseqüências como a redução da expectativa de vida, prejuízos no

crescimento, desenvolvimento e ganho de peso, diminuição dos índices de desempenho reprodutivo, maior incidência de doenças devido à imunossupressão, maior atividade adrenal, distúrbios comportamentais e, em casos extremos, a morte do animal (LEME, 2009).

De acordo com Paranhos da Costa e Pinto (2006) uma das formas de definir o bem-estar de um animal é verificar o funcionamento biológico do animal, ou seja, os animais deverão manter suas funções orgânicas em equilíbrio, sendo capazes de crescer e de se reproduzir normalmente, estando livres de doenças, injúrias e sem sinais de má nutrição, além de não apresentarem comportamentos e respostas fisiológicas anormais.

Segundo Carthy (1980), citado por Baccari (2001), denomina-se comportamento aquilo que se consegue perceber das reações de um animal (movimentos da totalidade ou de parte de seu corpo ou mesmo inatividade ao ambiente que o cerca). O comportamento é uma das propriedades mais importantes da vida animal e tem um papel fundamental nas adaptações das funções biológicas. Algumas formas irregulares de comportamento são comumente manifestadas por animais mantidos em ambientes severamente restritos, dentre elas o estresse calórico (FRASER, 2002).

Nestes estudos, o bem-estar é avaliado por meio de características fisiológicas e comportamentais. As medidas fisiológicas são associadas ao estresse e baseadas no fato de que, se o estresse aumenta, o bem-estar diminui; já os indicadores comportamentais estão relacionados especialmente à ocorrência de reações e comportamentos anormais ou que se afastem dos que ocorrem no ambiente natural (GLASER, 2003).

O clima é um dos principais aspectos que afetam o comportamento dos animais. Segundo Nääs (2010), os fatores climáticos mais significativos são: a radiação solar, a influência da longitude e da latitude, a influência da altitude e da umidade relativa do ar. Enquanto que os elementos climáticos mais expressivos são: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação solar, o grau de nebulosidade, os ventos e a pluviosidade.

Em ambientes de clima quente, duas estratégias podem ser utilizadas para aumentar o desempenho animal: a primeira é utilizar raças que sejam geneticamente adaptadas ao ambiente local; a segunda é alterar o ambiente a fim de reduzir o estresse térmico pelo calor (HANSEN & ARÉCHIGA, 1999). Alterando o ambiente, há possibilidade de modificar o comportamento do animal, como por exemplo, os horários de ingestão de alimento.

2.5. Indicadores fisiológicos e comportamentais

O bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas baseando-se na premissa de que, se o estresse aumenta o bem-estar diminui (PERISSINOTTO et al., 2006).

Quando um animal está em estresse, fazem-se necessários ajustes anormais ou extremos em sua fisiologia ou comportamento para adaptar-se a aspectos adversos do seu ambiente e manejo. Essa adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que funcionam para tentar manter a homeostase, o equilíbrio de suas funções e a integração desses três sistemas (FRASER et al., 1975 e BORELL, 1995). Um dos meios para se realizar esse ajuste é o aumento do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, para facilitar a dissipação de calor.

As vacas em lactação de alta produção são particularmente sensíveis ao estresse térmico, devido à função produtiva especializada e alta eficiência na utilização dos alimentos. A maior influência do estresse pelo calor sobre a produção de leite é exercida pela diminuição no consumo de alimentos (matéria seca) e consequente redução na ingestão de energia metabolizável, com o objetivo de promover a perda de calor e manter a homeostase. Esses animais apresentam metabolismo mais acelerado, com maior produção de calor endógeno sendo, então, mais susceptível às ações do meio ambiente (ARCARO JUNIOR et al., 2003).

Há situações em que o fornecimento de lipídeos estaria associado também a aumentos na ingestão de alimentos devido ao baixo incremento calórico durante períodos de estresse térmico, principalmente na região semiárida onde se observam elevadas temperatura do ar e radiação solar (OLIVEIRA NETO et al., 2001). Animais submetidos à condição de estresse térmico reduzem o consumo de matéria seca e a eficiência de utilização dos nutrientes. Em razão disso, torna-se necessário o fornecimento de dieta com maior densidade de nutrientes de forma que a produção de leite não decline bruscamente quando comparada à condição de termoneutralidade.

A formulação de dietas com baixo incremento calórico para animais termicamente estressados viabilizaria a redução de calor gerado pela fermentação do alimento e metabolismo dos tecidos, diminuindo a carga de calor corporal. O decréscimo na relação forragem: concentrado seria estratégico para o alcance dessa meta, especialmente mediante aumento na concentração de lipídeos na dieta (BEEDE E COLLIER, 1986).

Através de alterações na temperatura retal e frequência respiratória, é possível avaliar se o animal está resistindo às condições de estresse calórico. O primeiro sinal visível de animais

submetidos ao estresse térmico é o aumento da frequência respiratória. Aumento ou diminuição da frequência respiratória está na dependência da intensidade e da duração do estresse a que estão submetidos os animais. A temperatura retal é mantida mediante regulação cuidadosa do equilíbrio entre a formação de calor e sua liberação pelo organismo. Seu aumento mostra que os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficiente (MARTELLO et al., 2004)

Em um experimento realizado com um rebanho leiteiro mantido em abrigo do tipo *freestall*, Perissinotto et al. (2006), avaliaram a ação dos sistemas de resfriamento (aspersão e nebulização), conjugados com a ventilação forçada, quanto ao seu efeito nos parâmetros fisiológicos de vacas leiteiras. Foi observado que os sistemas de resfriamento estudados reduziram significativamente a temperatura máxima do abrigo, porém, não apresentaram diferenças significativas na temperatura retal, frequência respiratória e temperatura média do pelame preto de 10 animais. Já no tratamento com aspersão, animais de pelame branco apresentaram menor temperatura de pelame nos horários 11 e 13h. Assim, em consequência de sua ação sobre o consumo, o estresse calórico tem efeitos marcantes sobre o metabolismo da glândula mamária e da composição do leite.

Os efeitos do ambiente térmico sobre a reprodução ocorrem em todas as espécies animais, porém o maior interesse sobre o assunto e o maior número de estudos têm envolvido os bovinos e os ovinos.

Ao estudar a relação entre dados climatológicos, características fisiológicas e reprodutivas em um rebanho da raça Holandesa confinado em *free stall*, Pires et al. (2000) observaram, durante o verão, que vacas em lactação de alta produção, quando submetidas à temperatura ambiente e umidade relativa do ar elevadas, reduziam a taxa de concepção em consequência das alterações fisiológicas comumente observadas durante o processo de estresse calórico. As novilhas, por serem menos susceptíveis a essas variáveis climatológicas, mantiveram a taxa de concepção no verão em níveis compatíveis com os índices reprodutivos satisfatórios para o bom desempenho produtivo e econômico da propriedade.

2.6. Programa de suplementação de luz

A criação de bezerros é uma das atividades mais importantes da pecuária leiteira e de corte, pois dela depende a sustentabilidade dos sistemas de produção, ou seja, a renovação do rebanho (BUSTOS MAC-LEAN, 2008).

Assim, esta se torna uma grande preocupação dos produtores, pois na maioria das vezes é necessária mão-de-obra mais qualificada, pois os trabalhadores precisam dispensar mais atenção, já que os animais na fase de aleitamento são mais sensíveis às mudanças ambientais. Para amenizar este problema, uma alternativa é a alteração do ambiente em que o bezerro está alojado visando proporcionar maior conforto térmico.

Com a intensificação dos sistemas de produção, atendidos os índices de maior percentual de desmama, o maior peso à desmama torna-se fundamental. Um bom peso à desmama, independente de sexo, e bons ganhos de peso pós-desmama, são fundamentais para ser atingidos o peso de abate ideal o mais rapidamente possível e a puberdade precoce em novilhas (LOBATO, 1997)

Existem diferentes métodos para modificação do ambiente físico a fim de minimizar o estresse térmico. Podemos incluir sombras, ventilação e resfriamento evaporativo como os métodos de modificação do ambiente utilizado para aumentar as perdas de calor e melhorar seu desempenho (VILELA, 2010).

Uma das alternativas de modificação do ambiente é a iluminação artificial utilizada em criações animais para estimular a ingestão de alimento principalmente nos horários mais frescos do dia, onde a radiação solar é menor e a dissipação do calor provocado pela ingestão de alimento (incremento calórico) pode ser mais eficiente devido ao menor estresse térmico (MELLACE, 2009).

A manipulação do fotoperíodo pode ser uma ferramenta que aumente o crescimento dos animais e pode acelerar o início da puberdade e, portanto, reduzir a idade das novilhas no primeiro parto. Em estudos realizados com novilhas, os animais expostos a fotoperíodos longos, tiveram maior ganho de peso e o início de puberdade mais precoce comparado a animais expostos a fotoperíodos curtos (RIUS et al., 2005).

Osborne et al. (2007) mostraram que bezerras expostas a fotoperíodos longos (16 a 18 h de luz) tiveram maior ganho de peso e ingestão de matéria seca (78% a mais) do que animais expostos a fotoperíodos curtos (10 a 12 h de luz), utilizando luzes fluorescente para fornecer iluminação em uma intensidade aproximada de 600 lx no nível dos olhos das bezerras. Entretanto, há poucas informações sobre os efeitos do fotoperíodo longo no desempenho do crescimento de bezerras neonatal.

Rius et al. (2006) mostraram que a exposição a fotoperíodos longos durante a fase de crescimento pré-pubere resultou uma maior secreção de leite durante a primeira lactação, assim como Dahl et al. (2000) que mostraram que dias de fotoperíodo longo (16 a 18 h de luz) são galactopoéticos em vacas de leite.

2.7. Termografia

Avaliar o comportamento e parâmetros fisiológicos de animais, em ambientes tropicais, é de fundamental importância e é uma forma direta para se maximizar a eficiência fisiológica e econômica da exploração. Porém, algumas formas de avaliação e manejo acabam levando o animal a um estresse acentuado pela intervenção humana.

A termografia segundo o dicionário médico Dorlands vem das palavras latinas “calor” y “escrever”, e é definida como: “uma técnica não invasiva que mede as emissões infravermelhas (temperatura) da superfície de um objeto, produzindo uma representação gráfica da temperatura”. Esta tecnologia está disponível a vários anos para as instituições militares e medicina humana. No ano de 1956, Lawson reporta a primeira aplicação médica da termografia no diagnóstico do câncer de mama.

O calor é continuamente gerado pelo corpo, o qual é dissipado através da pele por radiação, condução e evaporação. Por este motivo, a temperatura da pele é geralmente 5° C menor do que a temperatura corporal (37° C) (TURNER, 2001a, 2001b).

Quanto à técnica, o exame termográfico se mostrou de fácil execução e rápido, apesar do tempo necessário para a ambientação do animal ao local do exame. Este procedimento, recomendado por Von Schweinitz (1999) e Turner (2001a), foi contradito por Tunley & Henson (2004), que disseram não haver diferenças significativas no mapa térmico de animais ambientados e não ambientados. Durante a interpretação dos termogramas, Fonseca (2005) analisou os achados cuidadosamente em sua pesquisa, pois pequenas alterações na superfície do animal alteravam seu mapa térmico, como por exemplo, a presença de sujidades nos pêlos e presença de focos de alopecia e ferimentos. Cuidados estes recomendados por Von Schweinitz (1999) e Turner (2001a) para validação do exame termográfico. Tunley & Henson (2004) em seu estudo também procederam desta forma. Desta maneira, foi necessária a investigação de todos os pontos assinalados na imagem termográfica.

A desvantagem da técnica é a necessidade de mais de uma pessoa para a realização do exame, principalmente quando se considera a termografia como uma ferramenta para o mapeamento de lesões da região toracolombar, pois sem essa marcação, a identificação do local exato com temperatura alterada no animal seria dificultada, uma vez que este procedimento foi utilizado como guia para o exame ultra-sonográfico (FONSECA, 2006).

Junges (2010) afirma que o emprego dessa ferramenta é bastante ampla para avaliação de variáveis relacionadas à temperatura, ou que apresentam alteração da temperatura como variável indireta. Pode ser usada nos sistemas de produção animal e vegetal como alternativas

aos métodos tradicionais, que possuem limitações em obtenção de dados, não possibilitando medidas com exatidão e/ou perfeição.

Na agricultura, a termografia em infravermelho é utilizada para estudar a variabilidade espacial de condutância estomática (JONES, 1999; OMASA et al. 2003; PRYTZ et al. 2003; GUILIONI et al. (2008); ALCHANATIS et al. 2009), calendários de irrigação (GEBHARDT 1990; JONES 1999) para acompanhamento de ice-nucleação ou estresse térmico em plantas (WISNIEWSKI et al. 1997; YANG et al. 2003), para triagem de mutações pelo controle de alterações estomáticas (MERLOT et al. 2002; WANG et al. 2004) e para avaliação de patógenos em plantas pela monitorização dos padrões de temperatura da superfície foliar (CHAERLE et al., 1999).

3. JUSTIFICATIVA

O desempenho de bezerros quando alojados individualmente (cabanas tropicais) é melhorado, devido à menor frequência de diarreia, ao fato de não sofrerem dominância de outros animais ou mamadas cruzadas, e ainda, com este tipo de instalação, é possível conseguir controlar o consumo de concentrado e diagnosticar rapidamente problemas de saúde que passam despercebidos quando os animais estão em lote.

O estresse gerado pelo calor é um dos principais fatores limitantes do desempenho animal em regiões tropicais. Os animais em estresse pelo calor apresentam alterações fisiológicas (temperatura corporal, frequência respiratória e alterações dos parâmetros sanguíneos) e modificações no desempenho (diminuição da ingestão de alimentos e ganho de peso). Nos períodos do ano mais críticos com relação à temperatura ambiente, os animais também podem sofrer a influência do fotoperíodo (dias mais longos e dias mais curtos) e da intensidade de radiação solar.

Uma opção para diminuir os efeitos do estresse pelo calor seria alterando o horário da ingestão de alimentos através do programa de luz. Proporcionando horas de luz para os animais no período da noite espera-se que ocorra alteração no comportamento ingestivo (redução do número de horas de ingestão diurna e aumento da ingestão noturna).

Com isto os animais terão o aumento do incremento calórico (conseqüente da digestão do alimento) em um horário de temperatura ambiente mais baixa, facilitando a perda de calor do animal e conseqüentemente reduzindo os efeitos do estresse pelo calor.

O uso da câmera termográfica como alternativa de avaliação aos parâmetros fisiológicos dos animais de produção pode se tornar um método menos invasivo quando comparado ao método tradicional de medição as variáveis fisiológicas (frequência respiratória, temperatura retal, temperatura da superfície corporal e temperatura caudal) se houver uma possibilidade de uma relação entre estes.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral:

Este trabalho teve como objetivo avaliar um programa de suplementação de luz no desenvolvimento, desempenho e comportamento de bezerros em aleitamento e o uso da câmera termográfica como método para avaliação de variáveis fisiológicas por método não invasivo.

4.2. Objetivos específicos:

- Analisar o desempenho zootécnico (variáveis de desenvolvimento, fisiológicas, comportamentais e sanguíneas) perante o programa de suplementação de luz;
- Avaliar o comportamento social e ingestivo dos animais perante o programa de suplementação de luz;
- Validar o uso de câmera termográfica infravermelha como ferramenta para diagnóstico de estresse animal, comparando com as variáveis fisiológicas de termorregulação.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Esta tese será apresentada em três experimentos. Por este motivo, a descrição de materiais e métodos que segue não apresenta detalhes.

5.1. Descrição Geral

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), localizada na cidade de Ribeirão Preto, SP. A região está situada a 21°12'26" S e 47°51'48" N, com altitude média de 646 m acima do nível do mar. O índice pluviométrico médio anual da cidade é de 1427 mm e o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köeppen, com temperatura média, no verão, de 32,0°C e, no inverno, de 16,0°C. O experimento foi realizado entre 17 de janeiro e 31 de maio de 2011.

Foram utilizados 20 bezerros (12 fêmeas e oito machos), da raça Jersey e mestiços de Jersey (8 fêmeas e 12 machos respectivamente), alojados em cabanas individuais, cobertas com telhas de fibrocimento.

As 20 cabanas tropicais ocupadas por bezerros foram dispostas em três fileiras, instaladas em uma área plana com piso de areia, posicionadas na direção leste/oeste. Cada casinha possui as seguintes dimensões: 0,80 m de largura por 1,10 m de comprimento. Além das cabanas ocupadas por bezerros, foram colocadas nestas fileiras duas cabanas para controle do ambiente e da água evaporada.

Para caracterizar o ambiente na região do experimento, foram colocados dataloggers da marca HOBO, modelo U12-012, com um canal externo acoplado a um globo negro, em 18 casinhas e um externo (no ambiente). Os aparelhos foram programados para coletar os dados climáticos a cada 15 min, coletando as seguintes medidas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e temperatura do globo negro (TGN). Também foi instalado, no ambiente, um termômetro de máxima e mínima e um termohigrômetro para poder determinar os dias de entalpia alta para fazer as coletas de variáveis fisiológicas e imagens termográficas.

5.2. Programa de suplementação de luz artificial

As instalações equipadas com luz artificial (11 cabanas, sendo uma para controle) receberam lâmpadas fluorescentes de 25 W de luz amarela, protegidas por holofotes para

evitar contato direto com os bezerrros. A estrutura foi colocada próxima ao comedouro do animal.

O programa de suplementação de luz teve início, diariamente, às 00:00 horas (adaptado de acordo com o horário de verão no início do experimento, quando a luz era acesa a uma da manhã), para não haver interrupção de luz até o início da luz natural, com o auxílio de um timer digital programado.

Assim, o tratamento com luz totalizou 18 h de luz durante o período de 24 h (12 h de luz natural + 6 h de luz artificial), e o tratamento sem luz totalizou 12 h de luz natural durante as 24 h do dia.

5.3. Alimentação

A dieta dos animais foi feita por ração comercial balanceada para a fase inicial da criação de bezerros com a seguinte composição: 88% NDT, 20% PB, 9% FB, 3% EE e 10% MM baseado na matéria seca e leite fornecido pela Fazenda Experimental contendo uma média de 12% de sólidos totais de acordo com as análises feitas pela Clínica do Leite, ESALQ.

5.4. Variáveis analisadas

Experimento 1: frequência respiratória (FR), temperatura da superfície do pelame (TSP), temperatura auricular (TA), temperatura caudal (TC), temperatura retal (TR), ganho de peso médio diário (GPMD), ganho médio diário de coprimento, ganho médio diário de altura e ganho médio diário de perímetro torácico.

Experimento 2: comportamento ingestivo (consumo de água e ração) e comportamento social (posições, posturas e atividades) dos animais.

Experimento 3: variáveis fisiológicas e imagens termográficas.

5.5. Análise estatística

Os dados para as variáveis fisiológicas, para o consumo de água e ração, para as variáveis de desenvolvimento e comportamento foram analisados como blocos casualizados compreendidos pelo sexo e raça dos animais (macho; fêmea; Jersey; mestiço de Jersey) com medidas repetidas no tempo (horário) pelo pacote estatístico SAS Institute (2005), utilizando-

se do procedimento de modelos lineares gerais (Proc GLM), o processamento de regressão (Proc Reg), aplicando-se análise de variância, teste F, teste t e análise de regressão.

O modelo matemático utilizado foi: $Y = \mu + A_i + T_j + B_k + e_{ijk}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, B = efeito do bloco, e = erro.

Para as variáveis de desenvolvimento o modelo matemático usado foi:

$Y = \mu + A_i + T_j + I_k + T_j I_k + e_{ijk}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, I = efeito da idade, TI = interação tratamento*idade, e = erro.

No comportamento ingestivo foi utilizado o modelo abaixo, sendo a idade uma co-variável: $Y = \mu + A_i + T_j + B_k + P_l + e_{ijkl}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, B = efeito do bloco, P = o efeito do período, e = erro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCHANATIS, V.Y.; COHEN, Y. S.; COHEN, S. et al. Evaluation of different approaches for estimating and mapping crop water status in cotton with thermal imaging. **Precision Agriculture**, 2009.

BACCARI Jr., F. *Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes*. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal Animal Science**. vol. 69, n. 10, p. 4167-4175, 1991

BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v.142, n.6, p.524-526, 1986.

BUSTOS MAC-LEAN, P.A. **Sombra artificial e método de fornecimento de concentrado no comportamento e desempenho de bezerros desmamados**. Maringá, 2008. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, Paraná. 41p. 2008.

CARVALHO et al. (2011) . **Sistema de Produção de Leite**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/introducao.html>. Acesso: 01/07/2011.

DAHL, G. E., T. H. ELSASSER, A. V. CAPUCO, R. A. Erdman, and R. R. Peters. 1997. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-I. **J. Dairy Sci.** 80:2784–2789.

DAHL, G. E., B. A. BUCHANAN, AND H. A. TUCKER. 2000. Photoperiod effects on dairy cattle: A review. **J. Dairy Sci.** 83:885–893.

EVANS, N. M., AND R. R. HACKER. 1989. Effect of chronobiological manipulation of lactation in the dairy cow. **J. Dairy Sci.** 72:2921–2927.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. São Paulo: Nova Fronteira. p.687. 1995. HANSEN, P. J.; ARECHIGA, C. F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 2, p. 36 – 50, 1999.

FERREIRA, F. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FONSECA, B.P.A. **Termografia e ultra-sonografia no diagnóstico de lesões toracolombares em equinos atletas da raça quarto de milha**. 2005. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FRASER, A.F.; BROOM, D.M. **Farm Animal Behavior and Welfare**. 3 ed. London: Reprinted. CAB International, 2002. 437p.

GEBHARDT, A. Differenzierte einschätzung des wasserversorgungszustandes landwirtschaftlicher kulturen mittels thermografischer luftaufnahmen. **Archiv Acker-Pflanzenbau Bodenkd**, v.34, p.741-748, 1990.

GUILIONI, L.; JONES, H. G; LEINONEN, I. et al. On the relationships between stomatal resistance and leaf temperatures in thermography. Short communication: **Agricultural and forest meteorology**, p.148, 2008.

HANSEN, P. J., L. A. KAMWANJA, AND E. R. HAUSER. 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. **J. Anim. Sci.** 57:985–992.

HEAD, H.H., Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEORIOLOGIA, 1., **Anais...**, Jaboticabal, 1995.

JONES, H. G. Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. **Plant, Cell and Environment**,v.22, p.1043–1055, 1999.

JONES, H. G. Use of infrared thermography for estimation of stomatal conductance in irrigation scheduling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.95, p.135–149, 1999.

JUNGES, D. **Aditivo microbiano na silagem de milho em diferentes tempos de armazenamento e avaliação da estabilidade aeróbia por termografia em infravermelho**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2010.

LEME, T.M.S.P.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S.; ALVIM, M.J.;AROEIRA, L.J.M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 669-675, 2005.

LEME, T.M.C. 2009. **Métodos de transporte e períodos de descanso pré-abate sobre nível de estresse e qualidade de carne de ovinos**. 96f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

LOBATO, J.F.P.; ZANOTTA JÚNIOR, R.L.D.; PEREIRA NETO, O.A. Efeitos das dietas pré e pós – parto de vacas primíparas sobre o desenvolvimento dos bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.863-867, 1998.

MARTELLO, L.S. et al. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.263-273, 2004.

MELLACE, E.M. **Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto**. 2009, 96 p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

McFARLAND, D. **Animal behaviour: psychobiology, ethology and evolution**, 3. ed. [S.I.]: Prentice Hall, 1999. p.259-307.

MELLACE, E.M. **Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto**. 2009, 96 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MERLOT, S.; MUSTILLI, A.C.; GENTY, B. et al. Use of infrared thermal imaging to isolate Arabidopsis mutants defective in stomatal regulation. **The Plant Journal**, v.30, p.601–609, 2002.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**. Sulina. Porto Alegre. p.82-116.1989.

NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; NEVES, D.P. et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba Brazil, v.67, n.5, p.497–502, sep-oct. 2010

OMASA, K.; TAKAYAMA, K. Simultaneous measurement of stomatal conductance, non-photochemical quenching, and photochemical yield of photosystem II in intact leaves by thermal and chlorophyll fluorescence imaging. **Plant and Cell Physiology**.v.44, p.1290–1300, 2003.

OSBORNE, V.R. et al. Effects of photoperiod and glucose-supplemented drinking açwater on the performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.11, p. 5199-5207, 2007.

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo freestall para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 140f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PERISSINOTO, M. et al. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.663–671, set./dez., 2006.

PETITCLERC, D., L. T. CHAPIN, R. S. EMERY, AND H. A. TUCKER. 1983. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. **J. Anim. Sci.** 57:892–898.

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES. RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 2., 2000, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2000. p. 87-105.

PRYTZ, G.; FUTSAETHER, C. M.; JOHNSON, A.; Thermography studies of the spatial and temporal variability in stomatal conductance of *Avena* leaves during stable and oscillatory transpiration. **New Phytologist**, v.158 p.249–258, 2003.

RIUS, A. G., E. E. CONNOR, A. V. CAPUCO, P. E. KENDALL, T. L. AUCTION-MONTGOMERY, AND G. E. DAHL. Long-day photoperiod that enhances puberty does not limit body growth in Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**. 88:4356–4365, 2005.

RIUS, A. G., AND G. E. DAHL. 2006. Exposure to long-day photoperiod prepubertally may increase milk yield in first-lactation cows. **J. Dairy Sci.** 89:2080–2083.

SCHILLO, K. K., J. B. HALL, AND S. M. HILEMAN. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70:3994–4005.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livstock Prod. Sci.*, v.67, p.1-18, 2000.

SILVA, R.M.N. et al. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça sindi no semi-árido. *Ciência Agrotecnológica*, Lavras – MG, v.29, n.1, p.193-199, jan/fev. 2005.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000.

STEWART, M. Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography. Tese. *Animal Science*. Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2008.

TITTO, E.A.L. Teste de tolerância ao calor em novilhos nelore e marchigiana. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, v.5 (1), p.67-70. 1998.

TUCKER, H. A., D. PETITCLERC, AND S. A. ZINN. 1984. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. *J. Anim. Sci.* 59:1610–1620.

TUNLEY, B.V., HENSON, F.M.D. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Vet. J.*, v.36, n.4, p.306-312, 2004.

TURNER, T.A. Diagnostic thermography. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, v.17, p.95-113, 2001a.

TURNER, T.A., PANSCH, J., WILSON, J.H. Thermographic assesment of racing thoroughbreds. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 47, 2001, San Diego. *Proceedings...* California, 2001b. p.344-345.

VILELA, R.A. **Comportamento e termorregulação de vacas Holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre**. 2008. 87f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

VON SCHWEINITZ, D.G. Thermografic diagnostics in equine back pain. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, v.15, p.161-178, 1999.

WANG, Y.; HOLROYD, G.; HETHERINGTON, A. M. et al. Seeing ‘cool’ and ‘hot’—infrared thermography as a tool for non-invasive, high-throughput screening of arabidopsis guard cell signaling mutants. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.1187–1193, 2004.

WISNIEWSKI, M.; LINDOW, S.E.; ASHWORTH, E.N. Observations of ice nucleation and propagation in plants using infrared video thermography. **Plant Physiology**, v.113, p.327–334, 1997.

YANG, S.Y.; HAYASHI, T.; HOSOKAWA, M. et al. Leaf temperature drop measured by thermography and occurrence of leaf browning injury in Saintpaulia. **Environment Control in Biology**, v.41, p.265–270, 2003.

7. Experimento 1: Variáveis fisiológicas, desempenho e desenvolvimento de bezerros em aleitamento submetidos a um programa de suplementação de luz artificial

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar a influência de um programa de suplementação de luz artificial no comportamento das variáveis fisiológicas, no desempenho zootécnico e no desenvolvimento de bezerros em aleitamento. O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, em Ribeirão Preto, SP. Foram utilizados 20 bezerros Jersey e mestiços da raça, divididos em dois tratamentos, com e sem programa de suplementação de luz artificial. O programa de suplementação de luz artificial consistiu em 6 h de luz artificial (das 00:00 as 6:00 h), completando 18 horas de luz por dia. Foram avaliadas as características fisiológicas dos animais: frequência respiratória (FR), temperatura da superfície do pelame (TSP), temperatura auricular (TA), temperatura caudal (TC) e temperatura retal (TR). A ingestão de ração e água também foi estudada. Avaliou-se também o desenvolvimento dos animais através dos ganhos médios diários de peso (GPMD), de altura, de comprimento e de perímetro torácico (PT). As variáveis fisiológicas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,0001$), porém apresentaram diferença entre os horários de coleta, sendo que as maiores temperaturas foram encontradas na coleta das 12 h. O consumo de água e ração no experimento não teve variação significativa ($P > 0,01$). Nos dias de alta entalpia a ingestão de água variou somente para o período de 31 a 75 dias de idade dos animais. O desenvolvimento dos animais mostrou diferença quando foram submetidos ao programa de suplementação de luz. O GPMD e o PT dos animais foi maior ($P < 0,001$) para o tratamento sem luz, a altura foi influenciada ($P = 0,008$) pela idade dos animais e o comprimento variou de acordo com o tratamento ($P = 0,006$) e a idade ($P = 0,001$). O programa de suplementação de luz não mostra diferenças nas variáveis fisiológicas e no consumo de alimento de bezerros em aleitamento, e o desenvolvimento dos animais é prejudicado nesta fase.

Palavras-chave: desenvolvimento, fotoperíodo longo, ingestão, termorregulação

7.1. Introdução

Dentre os vários fatores que mostram o bem-estar, o estresse é o principal indicador para avaliá-lo. Moberg (2000) descreveu o estresse como a resposta biológica ou conjunto de reações obtidas quando um indivíduo percebe uma ameaça a sua homeostasia, esta ameaça, constitui-se no agente ou estímulo estressante.

Os bovinos são animais homeotérmicos capazes de manter a temperatura corporal, independentemente das variações da temperatura ambiente, tendo sido alojados nos mais diversos tipos de clima, submetidos a variadas práticas de manejo.

Uma das alternativas de modificação do ambiente e inovação de manejo é a iluminação artificial utilizada em criações animais para estimular a ingestão de alimento principalmente nos horários mais frescos do dia, onde a radiação solar é menor e a dissipação do calor provocado pela ingestão de alimento (incremento calórico) pode ser mais eficiente devido ao menor estresse térmico (MELLACE, 2009).

Esta é uma maneira de diminuir o estresse térmico gerado pela ingestão de alimento. Esse estresse pode ser medido pelas variáveis fisiológicas, através de metodologias já conhecidas.

Este trabalho objetivou analisar se a utilização de um programa de suplementação de luz artificial influencia nas variáveis fisiológicas, no consumo e no desenvolvimento de bezerros em aleitamento.

7.2. Material e métodos

7.2.1. Local

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), localizada na cidade de Ribeirão Preto, SP. A região está situada a 21°12'26" S e 47°51'48" N, com altitude média de 646 m acima do nível do mar. O índice pluviométrico médio anual da cidade é de 1427 mm e o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köeppen, com temperatura média, no verão, de 32,0°C e, no inverno, de 16,0°C. O experimento foi realizado entre 17 de janeiro e 31 de maio de 2011.

7.2.2. Animais, instalações e ambiente

Foram utilizados 20 bezerros (12 fêmeas e oito machos), da raça Jersey e mestiços de Jersey (8 fêmeas e 12 machos respectivamente), alojados em cabanas individuais, cobertas com telhas de fibrocimento (Figura 1). Os animais foram aleatorizados nos seguintes tratamentos: com programa de suplementação de luz artificial e sem programa de suplementação de luz artificial, mantidos na instalação do nascimento até os 75 dias de idade.



Figura 1. Cabanas individuais para bezerros cobertas com telhas de fibrocimento.

As 20 cabanas tropicais ocupadas por bezerros foram dispostas em três fileiras, instaladas em uma área plana com piso de areia, posicionadas na direção leste/oeste. Cada casinha possui as seguintes dimensões: 0,80 m de largura por 1,10 m de comprimento. Além das cabanas ocupadas por bezerros, foram colocadas nestas fileiras duas cabanas para controle do ambiente e da água evaporada (Figura 2).

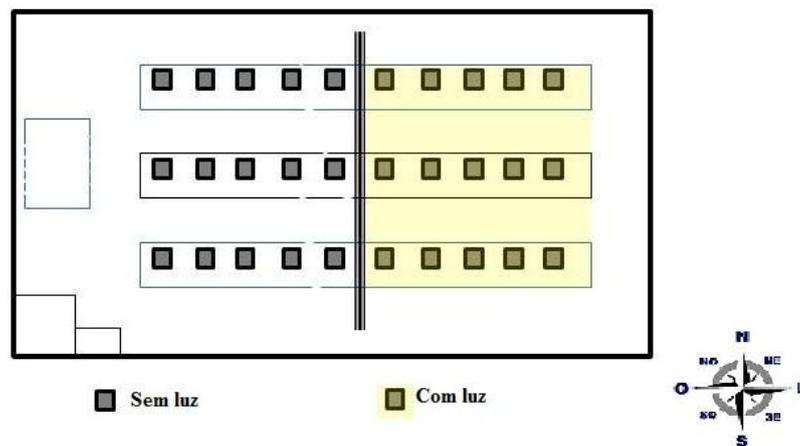


Figura 2. Disposição das cabanas tropicais em três fileiras.

Para caracterizar o ambiente na região do experimento, foram colocados dataloggers da marca HOBO, modelo U12-012, com um canal externo acoplado a um globo negro, em 18 casinhas e um externo (no ambiente).

Os aparelhos foram programados para coletar os dados climáticos a cada 15 min, coletando as seguintes medidas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e temperatura do globo negro (TGN). Também foi instalado, no ambiente, um termômetro de máxima e mínima e um termohigrômetro para poder determinar os dias de entalpia alta para fazer as coletas de variáveis fisiológicas e imagens termográficas.

Os dados médios do clima como temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR), temperatura do globo negro (TGN) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e as respectivas variações durante cada mês de experimento, divididos nos horários de coleta, são apresentados na Tabela 1. Para determinação dos valores médios, utilizou-se o intervalo de uma hora a mais e a menos do horário pretendido.

Tabela 1. Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura do globo negro e índice de temperatura de globo e umidade: valores médios e suas variações registradas nos meses de experimento nos quatro horários de coleta.

Mês	Hora	Tar	Tar	UR	UR	TGN	TGN	ITGU	ITGU
		(°C)	(°C)	(%)	(%)	(°C)	(°C)	Média	Variação
Janeiro	06:00	23,2	20,0-30,1	86	62-99	23,0	19,8-29,9	73	69-82
	12:00	33,2	22,5-42,2	53	29-94	34,3	22,2-44,2	87	72-98
	18:00	30,1	22,0-39,9	60	30-100	30,4	22,2-46,4	82	72-100
	00:00	24,7	21,3-31,4	83	63-96	24,5	21,1-31,2	75	70-83
Fevereiro	06:00	20,6	17,4-22,5	98	89-100	20,4	17,0-22,4	69	65-72
	12:00	34,2	22,2-40,8	49	29-100	38,0	22,8-43,9	91	72-97
	18:00	29,0	19,9-39,5	61	27-99	30,2	16,4-46,4	81	68-100
	00:00	22,0	20,0-25,4	92	74-100	21,8	19,5-25,4	71	68-76
Março	06:00	20,5	17,1-22,5	98	79-100	20,4	17,0-26,1	69	65-75
	12:00	29,3	20,4-38,7	67	38-100	31,9	20,7-44,9	83	70-99
	18:00	25,8	20,4-37,0	79	39-100	26,6	20,1-45,9	77	69-99
	00:00	21,3	19,1-23,8	97	81-100	21,2	18,9-23,7	70	67-74
Abril	06:00	17,0	11,4-21,4	99	85-100	17,1	11,3-25,4	65	57-75
	12:00	33,4	20,7-39,9	47	27-97	38,0	20,8-45,7	90	70-99
	18:00	24,3	18,5-29,5	74	46-99	24,3	18,3-30,4	74	66-82
	00:00	18,6	13,4-23,2	97	79-100	18,5	13,3-23,2	67	60-73
Maio	06:00	12,7	5,1-18,3	98	85-100	12,6	4,9-18,4	59	48-66
	12:00	31,9	21,6-39,3	39	25-88	37,1	23,3-45,8	89	73-99
	18:00	20,9	14,5-26,9	71	42-95	20,9	14,2-27,6	70	61-78
	00:00	14,6	7,7-19,5	94	73-100	14,5	7,5-19,2	61	52-68

7.2.3. Programa de suplementação de luz artificial

As instalações equipadas com luz artificial (11 cabanas, sendo uma para controle) receberam lâmpadas fluorescentes de 25 W de luz amarela, protegidas por holofotes para evitar contato direto com os bezerrros. A estrutura foi colocada próxima ao comedouro do animal (Figura 3).



Figura 3. Holofote com lâmpada (dia e noite) para o programa de suplementação de luz.

O programa de suplementação de luz teve início, diariamente, às 00:00 horas (adaptado de acordo com o horário de verão no início do experimento, quando a luz era acesa a uma da manhã), para não haver interrupção de luz até o início da luz natural, com o auxílio de um timer digital programado.

Assim, o tratamento com luz totalizou 18 h de luz durante o período de 24 h (12 h de luz natural + 6 h de luz artificial), e o tratamento sem luz totalizou 12 h de luz natural durante as 24 h do dia.

Os dois tratamentos foram separados verticalmente por uma lona plástica, com um lado preto e o outro laranja (modelo de fábrica). O lado de cor laranja ficou direcionado para o tratamento com luz, e o lado preto ficou voltado para o tratamento sem luz, a fim de manter totalmente escuro durante o período noturno (Figura 4).



Figura 4. Programa de suplementação de luz durante o dia e a noite.

7.2.4. Alimentação

A dieta dos animais foi composta por ração comercial balanceada para fase inicial da criação de bezerros com a seguinte composição mostrada na Tabela 2 e leite fornecido pela Fazenda Experimental contendo uma média de 12% de sólidos totais, de acordo com as análises feitas pela Clínica do Leite, do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP.

Tabela 2. Composição da ração comercial para bezerros.

Elemento	Quantidade (%)*
NDT	88
PB	20
FB	9
EE	3
MM	10

* com base na matéria-seca(MS).

A alimentação dos animais foi fornecida em baldes de alumínio, sendo que, em cada cabana, havia dois baldes, um para o fornecimento de água e leite e outro para o fornecimento de ração (Figura 5).



Figura 5. Cabana individual com os baldes para alimentação dos bezerros.

Os bezerros recebiam 4 L de leite por dia em duas refeições (08:00 h e 15:00 h) até os 30 dias de vida, e 2 L em duas refeições dos 31 aos 75 dias de idade. A ração foi fornecida uma vez ao dia, às 08:00 h da manhã durante o período experimental (Figura 6).



Figura 6. Fornecimento de leite (ou água) e ração para os animais.

7.2.5. Colheita das Variáveis Fisiológicas

As variáveis fisiológicas registradas, relacionadas com o sistema termorregulador, foram: a frequência respiratória (FR), aferida através da contagem dos movimentos respiratórios no flanco do animal, durante 15 s, para depois ser calculada a FR por minuto (Figura 7a); a temperatura de superfície do pelame (TSP), aferida com um termômetro infravermelho no costado do animal (Figura 7b); a temperatura auricular (TA) aferida com um termômetro auricular no ouvido do animal (Figura 7c); a temperatura caudal (TC) aferida com um termômetro infravermelho (Figura 7d); e, por fim, a temperatura retal (TR) aferida com o auxílio de um termômetro clínico digital (Figura 7e).

Foram feitos cinco registros das variáveis fisiológicas em dias não consecutivos por meio do critério de dia crítico para bezerros. Entende-se por dia crítico aquele de entalpia

elevada, a partir da qual começa a se acentuar o estresse térmico. Os registros foram feitos em quatro horários do dia: 18:00, 00:00, 06:00 e 12:00 h.

O dia crítico foi considerado para entalpia maior que 66,08 kJ/kg de ar seco, obtido a partir da temperatura crítica superior de 25°C (SALEM et al., adaptado por SILVA, 2000) e da umidade relativa do ar de 75% (KELLY et al., 1984). A entalpia foi calculada pela equação 1 proposta por Barbosa Filho et al. (2007):

$$h = \left\{ 6,7 + 0,243 t + \left(\frac{RH}{100} \right) \times 10^{7,5t/237,3+t} \right\} \times 4,18 \quad (\text{Equação 1})$$



Figura 7. Colheita das variáveis fisiológicas dos animais (a. Frequência Respiratória, b. Temperatura da superfície da pele, c. Temperatura auricular, d. Temperatura caudal, e. Temperatura retal).

7.2.6. Colheita de dados de desempenho

7.2.6.1. Ingestão de água e ração

Para determinar a ingestão dos animais, as sobras dos cochos foram registradas diariamente, antes do fornecimento da ração, para cálculo do consumo alimentar. A ração foi fornecida de forma gradativa aos animais, iniciando com 100 g por dia. Todas as manhãs, a

sobra foi aferida, quando o valor foi menor do que 50 g, foram acrescentadas 100 gramas a mais para o animal e assim consecutivamente até o animal receber no máximo 1300 gramas, valor este determinado como aproximadamente 2,0% do peso vivo em concentrado. Este valor não foi ultrapassado para evitar o empanzinamento dos bezerros.

Após o fornecimento de leite (duas refeições ao dia), era fornecida água para cada animal, no mesmo recipiente e mantido até a próxima refeição (Figura 8).

A água também foi submetida à pesagem, duas vezes ao dia, devido ao fornecimento de leite no mesmo balde, para verificar a ingestão. Para não haver uma superestimativa do consumo, foram colocados dois baldes nas casinhas controle para verificar a evaporação de água ocorrida em cada intervalo de tempo e este valor foi subtraído do consumo de água dos animais.



Figura 8. Pesagem de ração e água.

A quantidade de água inicial fornecida por trato foi de 3000 g, variando conforme o consumo dos animais. Para determinação do valor consumido, foram subtraídas as sobras do dia e a quantidade de água evaporada nos baldes colocados nas cabanas controle.

Para a determinação de consumo nos dias considerados críticos para bezerros, ou seja, de alta entalpia, o cálculo foi feito somente com os dados de ingestão dos dias em que a entalpia obteve valores maiores que 66,08 KJ/Kg de ar seco. Para comparação e correlação os dias de menores valores de entalpia durante o experimento também foram considerados.

7.2.6.2. Variáveis de desenvolvimento

As variáveis de desenvolvimento foram registradas individualmente ao nascimento, aos 30 e 75 dias de vida.

Os animais foram pesados em balança digital (Figura 09). Para determinar o ganho de peso (GPM) dos animais, foi calculado o ganho de peso em duas fases de suas vidas, do

nascimento aos 30 dias e dos 31 aos 75 dias, isto devido à mudança na dieta dos animais de 4 L de leite para 2 L de leite por dia nas respectivas fases.



Figura 09. Animal sendo pesado na balança digital.

Além do peso, foram registradas as seguintes medidas dos animais:

- Altura: medida a partir da cernelha até o ponto perpendicular que toca o chão, junto à parte inferior do membro anterior do animal (Figura 10);

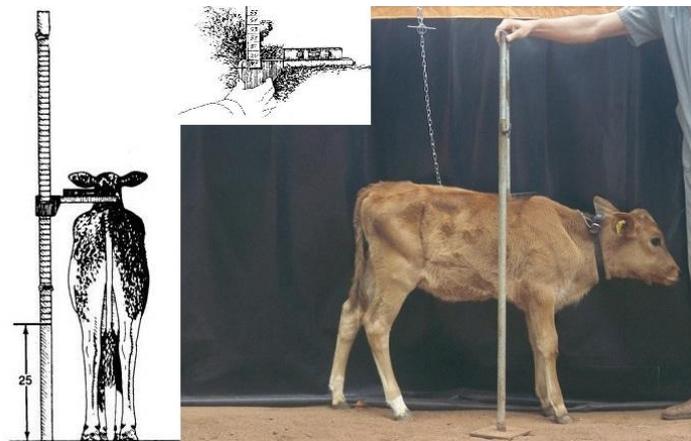


Figura 10. Altura dos bezerros

- Perímetro Torácico: medido por uma fita métrica envolvendo o tórax do animal em sua porção anterior (Figura 11); e

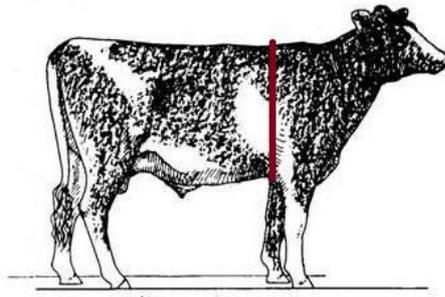


Figura 11. Perímetro torácico do bezerro.



- Comprimento: medido na linha imaginária formada entre a ponta da espádua a ponta da nádega (Figura 12).

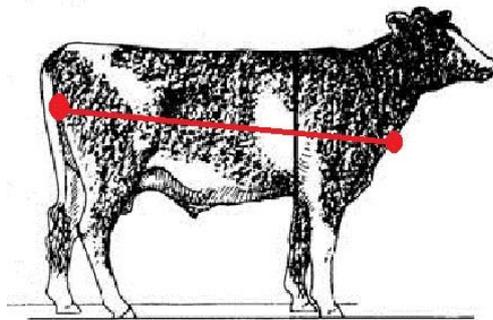


Figura 12. Comprimento do bezerro.



7.2.7. Análise estatística

Os dados para as variáveis fisiológicas, para o consumo de água e ração e para as variáveis de desenvolvimento foram analisados como blocos casualizados compreendidos pelo sexo e raça dos animais (macho; fêmea; Jersey; mestiço de Jersey) com medidas repetidas no tempo (horário) pelo pacote estatístico SAS Institute (2005), utilizando-se do procedimento de modelos lineares gerais (Proc GLM), o procedimento de regressão (Proc Reg), aplicando-se análise de variância, teste F, teste t e análise de regressão.

A análise de regressão linear múltipla foi realizada utilizando-se as variáveis fisiológicas considerando-se a temperatura auricular proveniente da termografia como variável dependente na referida análise. Efetuou-se a seleção desta variável pelo procedimento de regressão “Stepwise”, adotando-se a correlação de Pearson (SAMPAIO, 2002).

O modelo matemático utilizado foi: $Y = \mu + A_i + T_j + B_k + e_{ijk}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, B = efeito do bloco, e = erro.

Para as variáveis de desenvolvimento o modelo matemático usado foi:

$Y = \mu + A_i + T_j + I_k + T_j I_k + e_{ijk}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, I = efeito da idade, TI = interação tratamento*idade, e = erro.

7.3. Resultados e discussão

7.3.1. Variáveis Fisiológicas

Os valores de frequência respiratória (FR) não diferiram significativamente ($P > 0,01$) entre os tratamentos com luz ($45 \pm 4 \text{ mov.min}^{-1}$) e sem luz ($48 \pm 4 \text{ mov.min}^{-1}$). A FR variou entre os horários de coleta como mostrado na Figura 13. Sendo que os maiores valores foram encontrados no horário mais quente do dia (12 h), isto devido à termorregulação feita pelos animais via evaporação respiratória. Quando os animais homeotérmicos são submetidos a ambientes de temperatura elevada, aumentam o ritmo respiratório, para auxiliar no processo de dissipação de calor, pode ocorrer de duas formas: 1) aquecimento do ar inspirado; 2) evaporação através das vias respiratórias (QUATERMAIN e BROANBENT, 1974; BACCARI JÚNIOR, 1990; SOUZA et al., 1990).

Os valores de FR variaram do mínimo de 27 mov.min^{-1} a 80 mov.min^{-1} . Perissinoto et al. (2009) encontraram valores de FR variando do mínimo de 32 mov.min^{-1} ao máximo de 104 mov.min^{-1} , com uma média de 58 mov.min^{-1} .

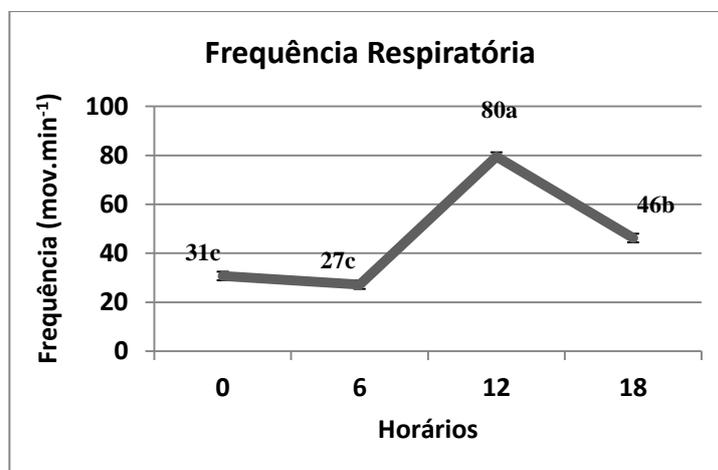


Figura 13. Frequência respiratória (bpm) dos bezerros durante o dia.

Azevedo et al. (2005) observaram que frequências de 80 a 90 mov.min⁻¹ indicaram que as vacas estavam submetidas ao estresse calórico. A frequência respiratória normal em bovinos adultos varia entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto (mov.min⁻¹) (STÖBER, 1993), mas pode apresentar valores mais amplos, entre 12 e 36 mov.min⁻¹ (TERRA, 1993).

Para Hahn, Parkhurst e Gauchan (1997), uma frequência de até 60 mov.min⁻¹ indica ausência de estresse térmico. Para se defender do estresse térmico, os bovinos recorrem a mecanismos adaptativos fisiológicos de perda de calor corporal para evitar a hipertermia. Dessa forma, aumentam a frequência respiratória (taquipnéia), como mecanismo adicional a perda de calor por sudorese, constituindo-se, ambos, em meios importantes de perda de calor por evaporação (BACCARI JR., 2001).

A temperatura da superfície do pelame (TSP) não variou significativamente ($P > 0,01$) entre os tratamentos com luz ($30,4 \pm 0,8$ °C) e sem luz ($30,5 \pm 0,7$ °C). Porém mostrou diferença significativa entre os horários de coleta, como segue na Figura 14. Isto demonstra que sob estresse severo, pelas altas cargas térmicas radiantes, ocorre aumento no fluxo sanguíneo do núcleo central para a superfície do animal e, conseqüentemente, elevada taxa de fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais. O aumento da TSP reflete, diretamente, o aumento da temperatura ambiente, não caracterizando, portanto, a temperatura corporal dos animais.

Em pesquisas realizadas por Baêta e Souza (1997) foi verificado efeito de horários do dia ($P < 0,05$) para TSP que apresentou médias superiores no período da tarde em relação ao período da manhã nas estações seca e chuvosa. À medida que as perdas evaporativas tornam-se maiores, grande quantidade de calor é removida da pele por vaporização, de forma que o sangue que circula pelas superfícies corporais torna-se mais refrigerado.

A temperatura auricular (TA) não apresentou variação ($P > 0,01$) entre os tratamentos com luz ($35,5 \pm 0,4$ °C) e sem luz ($35,4 \pm 0,4$ °C). Porém, também teve diferença entre os horários de coleta (Figura 14).

Para a temperatura caudal (TC) não foi encontrada diferença significativa ($P > 0,01$) entre os tratamentos com luz ($33,5^{\circ}\text{C} \pm 0,3$) e sem luz ($33,4^{\circ}\text{C} \pm 0,4$), mas foram encontradas diferenças entre os horários de coleta, como segue na Figura 14.

Os valores médios encontrados neste estudo são mais baixos que os encontrados por Vilela (2010) e Martello (2006) que encontraram valores médios de 34,5°C e 34,0°C, respectivamente, para temperatura da base da cauda no verão.

A temperatura retal não mostrou diferença significativa ($P > 0,01$) entre os tratamentos com luz ($38,1^{\circ}\text{C} \pm 0,1$) e sem luz ($37,9^{\circ}\text{C} \pm 0,3$), mas foram encontradas diferenças entre os horários de coleta (Figura 14). Perissinoto et al. (2009) encontraram temperaturas retais variando do mínimo de 36°C ao máximo de $40,0^{\circ}\text{C}$, com média de $38,4^{\circ}\text{C}$. Fatores extrínsecos podem atuar na variação da temperatura retal como a hora do dia, ingestão de alimentos e de água, estado nutricional, temperatura ambiente, densidade, sombreamento, velocidade dos ventos, estação do ano, exercício e radiação solar (BACCARI JR., 1987B; CARVALHO et al., 1995).

Os dados corroboram com os resultados obtidos por Martello (2002) e Baccari Júnior et al. (1984), que observaram que a temperatura retal média do período da tarde é, em geral, mais elevada que a do período da manhã.

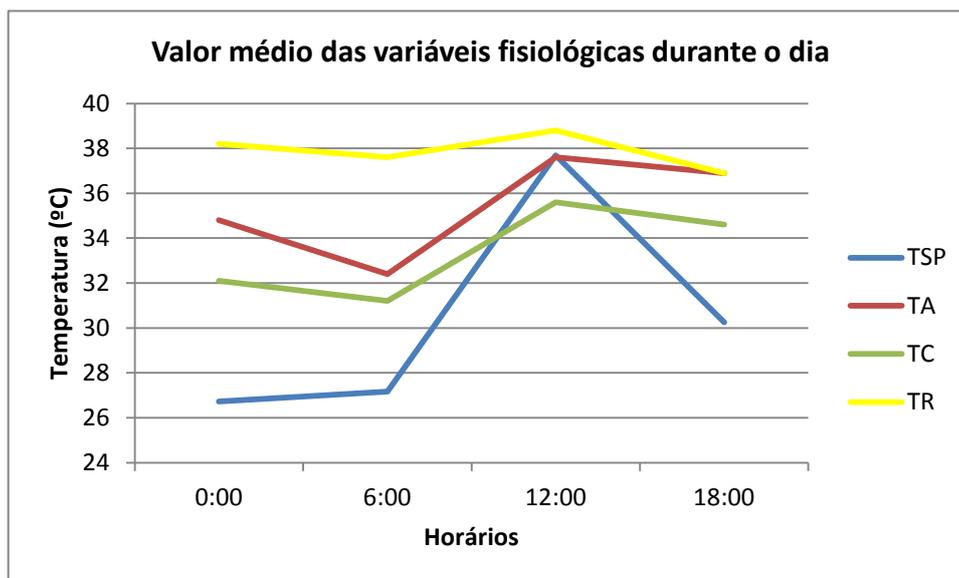


Figura 14. Valores médios das variáveis fisiológicas (TSP, TA, TC e TR) durante o dia.

Magalhães et al. (2000) encontraram temperaturas retais médias de $38,6^{\circ}\text{C}$ para bovinos. Esses dados estão de acordo com Bodisco et al. (1973), que consideraram normal a temperatura retal entre $38,0$ e $39,3^{\circ}\text{C}$ para bovinos em ambiente quente. Silva et al. (1990) encontraram uma média de $39,0^{\circ}\text{C}$ para temperatura retal em bovinos 5/8 holandeses-zebu, durante 19 meses de avaliação.

Souza et al. (2007) observaram que a TR foi influenciada pelo horário do dia. Observou-se que a TR foi mais elevada no turno da tarde em relação ao da manhã, provavelmente, devido ao aumento da carga térmica adicional recebida da radiação solar, resultando em um aumento da quantidade de calor interno que foi mais intenso à tarde.

Ferreira (2006) estudou os parâmetros fisiológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico e mostrou que os animais apresentaram aumento da TR, da FR e da TSP no período de estresse calórico ($P < 0,05$). O aumento da TR e FR foram mais acentuados no verão ($P < 0,05$).

A correlação entre as variáveis fisiológicas foi positiva, utilizando a FR como variável dependente por ser a medida menos invasiva, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Relações entre as variáveis fisiológicas térmicas (TSP, TA, TC, TR) para animais em ambiente com ou sem luz artificial em relação a FR.

	R ²	Intercepto	Erro Padrão	FR	FR ²
TSP	0,84	-88,57917	0,23125	4,43691	-----
TA	0,54	-226,69275	0,85238	7,72894	-----
TC	0,46	-155,13442	0,78741	6,02975	-----
TR	0,35	2236,08369	25,02610	-135,72474	2,05205

$Y = a + bx + bx^2 + \text{erro}$, onde a = intercepto, b = FR

A TR mostrou uma correlação mais baixa com a FR, porém ainda positiva, mostrando efeito quadrático, pois a FR continua alta e a TR diminui. Quando expostas ao ambiente quente, os animais aumentam a frequência respiratória e temperatura retal (SPIERS et al., 2004), entretanto a influencia da temperatura do ar nessas duas medidas pode acontecer por diferentes mecanismos. A frequência respiratória é um modo de regulação térmica enquanto a temperatura retal é o resultado do equilíbrio térmico (KABUNGA, 1992).

Porém, estes resultados diferem dos encontrados por Ferreira (2006) que afirma que a TR encontra-se positivamente correlacionada com a FR ($r=0,92$; $P < 0,001$). Correlações positivas e significativas entre TR e FR em bovinos também foram observadas por Dunlap e Vicent (1971) e por Azevedo (2004). Este achado é esperado uma vez que o bovino, em altas temperaturas ambientais, lança mão do sistema respiratório para perder calor, visando evitar o aumento da temperatura corporal. Estes autores, não observaram correlação entre a TR ou entre a FR com a TSP. A TSP pode ser um dos parâmetros de mensuração para o aumento da temperatura corporal, mas deve-se salientar que este não reflete precisamente as alterações da temperatura corporal como são observados na mensuração da temperatura retal e da temperatura da membrana timpânica (Damanhour e Tayeb, 1992).

7.3.2. Desenvolvimento dos animais

7.3.2.1. Ingestão em todo o experimento

Para mostrar o consumo de água e ração dividiu-se a faixa etária dos animais em dois períodos: do nascimento até os 30 dias de idade, onde os animais recebiam quatro litros de leite diariamente, e dos 31 aos 75 dias, onde os animais recebiam dois litros de leite por dia.

O consumo de água não variou significativamente entre os tratamentos com luz e sem luz ($P>0,01$), sendo que até os 30 dias o consumo médio foi de $788,5 \pm 135,4$ g de água por dia (916,21 g para o tratamento com luz e 660,8 g para o tratamento sem luz) e dos 31 aos 75 dias de vida a média de consumo foi de $2193,1 \pm 257,3$ g de água por dia (2311,3 g para o tratamento com luz e 2074,9 g para o tratamento sem luz).

O consumo de ração também não variou significativamente ($P>0,01$) entre os tratamentos com luz e sem luz, sendo que até os 30 dias a média de consumo foi de $92,5 \pm 9,8$ g de ração por dia (88,3 g para o tratamento com luz e 96,7 g para o tratamento sem luz). Segundo Morisse et al. (1997) é importante a adição de alimentos sólidos à dieta líquida a partir de 8 dias de vida, o que leva a uma melhora na fisiológica ruminal e um aumento do ganho de peso dos animais.

Dos 31 aos 75 dias de idade a média de consumo foi de $853,2 \pm 44,7$ g de ração por dia (856,3 g para o tratamento com luz e 849,9 g para o tratamento sem luz). Nussio et al (2003) afirmam que o consumo de concentrado a desmama deve ser

Os valores médios de ingestão diária entre os 31 e 75 dias encontrados neste experimento estão acima dos valores relatados por Nussio et al. (2003), que encontraram valores de consumo médio abaixo de 700 g por dia, que seria o valor de ingestão diária mínimo recomendado por Quigley (1996b), que afirmou que este valor médio é essencial para garantir que a desmama seja realizada com sucesso.

7.3.2.2. Ingestão nos dias com alta e baixa entalpia

Como não houve diferença entre os tratamentos com e sem luz para ingestão de alimento, os dados foram comparados por idade para relacioná-los com a entalpia.

A correlação entre a entalpia e o consumo foi negativo, variando de -0,14 a -0,57, ou seja, quando a entalpia atinge valores altos, o consumo é diminuído devido ao estresse calórico.

Os menores valores de entalpia observados no experimento variaram de 42,25 a 61,90 KJ/Kg de ar seco, e os maiores valores de entalpia variaram de 66,08 a 71,80 KJ/Kg de ar seco.

Os dados de consumo de água e ração nos dias de alta e baixa entalpia estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo de água e ração (g) nos dias de entalpia alta e baixa nos dois períodos de vida dos bezerros (até 30 dias e de 31 a 75 dias)

	Água		Ração	
	Alta Entalpia	Baixa Entalpia	Alta Entalpia	Baixa Entalpia
Até 30 dias	1021 ± 155 ^a	736 ± 153 ^a	112 ± 14 ^a	95 ± 15 ^a
31a 75 dias	2265 ± 229 ^a	1433 ± 210 ^b	689 ± 71 ^a	656 ± 55 ^a

*letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05) pelo teste t

Para o intervalo de valores de entalpia baixa e alta neste experimento, o consumo de água não variou até os 30 dias de idade (P>0,05). Dos 31 aos 75 dias houve variação significativa entre os dias de baixa e alta entalpia, mostrando que quando os animais estão mais velhos e consomem mais ração, ou seja, o calor endógeno é maior, há necessidade de ingestão de água para auxiliar na manutenção da termorregulação. Segundo Davis e Dranckley (1998), a água constitui 70 a 75% do peso vivo dos bezerro e desempenha papéis importantes como um solvente para os nutrientes, um termorregulador e um osmorregulador.

7.3.3. Variáveis de desenvolvimento

A análise para os dados de desenvolvimento também foi dividida em dois períodos (idades), até os 30 dias de idade e dos 31 aos 75 dias de idade, devido a quantidade de leite recebida pelos animais nestes períodos, o que poderia afetar sua fase de crescimento.

De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que houve efeito significativo no período avaliado (idade), no ganho de peso médio diário (GPMD) dos animais, em função dos tratamentos (com luz e sem luz), como é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5. Valores de GPMD (g) para as idades de até 30 dias e de 31 a 75 dias para bezerros em instalações com e sem luz artificial.

Tratamento	Idade		Média Tratamento
	Até 30 dias	Dos 31 aos 75 dias	
Com luz	337 ± 19Bb	491 ± 27Ba	414 ± 30B
Sem luz	359 ± 25Ab	499 ± 30Aa	429 ± 32A
Média Idade	348 ± 22b	495 ± 28a	

Médias seguidas por letra maiúscula diferente na coluna e minúscula na linha diferem entre si pelo teste t (P<0,01).

O GPMD diferiu tanto entre as idades quanto entre os tratamentos (P<0,01), sendo que o tratamento sem luz obteve um GPMD maior (429 ± 32 g) que o com luz (414 ± 30 g) e os GPMD dos 31 aos 75 dias foram maiores (495 ± 28 g) que até os 30 dias de idade (348 ± 22), já esperado pelo crescimento dos animais.

Estes resultados diferiram dos encontrados por Osborne et al. (2007), que não encontraram diferenças significativas de ganhos de peso comparando tratamento com e sem luz artificial, até os 28 dias de idade. Algumas pesquisas mostraram que o ganho de peso diário em bezerros submetidos a diferentes fotoperíodos não é diferenciado durante as primeiras 2 a 3 semanas de vida, devido a uma variedade de desafios, incluindo o desenvolvimento do rúmen, a mudança ambiental, e de ingestão de nutrientes (TOULLEC e GUILLOTEAU, 1989; DAVIS E DRACKLEY, 1998; DIAZ et al., 2001).

O ganho de peso médio diário foi maior para o tratamento sem luz (fotoperíodo curto; 12 h luz: 12 h escuro) do que para o tratamento com luz (fotoperíodo longo; 18 h luz: 6 h escuro), diferente de Tucker et al. (1984) que mostraram que, fotoperíodos longos estimulam o ganho de peso vivo em novilhas. Tucker et al. Também mostraram que o aumento de GPD no tratamento de fotoperíodo longo dos bezerros de 29-56 dias foi diretamente relacionado (P<0,05) com a maior IMS destes animais.

Pesquisas com bovinos de outras categorias, também mostraram resultados diferentes. Em estudos realizados com novilhas, os animais expostos a fotoperíodos longos, tiveram maior ganho de peso e o início de puberdade mais precoce comparado a animais expostos a fotoperíodos curtos (RIUS et al., 2005). Osborne et al. (2007) mostraram que bezerras expostas a fotoperíodos longos (16 a 18 h de luz) tiveram maior ganho de peso e ingestão de matéria seca (78% a mais) do que animais expostos a fotoperíodos curtos (10 a 12 horas de

luz), utilizando luzes fluorescente para fornecer iluminação em uma intensidade aproximada de 600 lx no nível dos olhos das bezerras.

Para o perímetro torácico (PT) dos bezerros também foi observado um efeito significativo do período (idades) em função dos tratamentos (com luz e sem luz), como é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Valores de PT (cm) para as idades de até 30 dias e de 31 a 75 dias para bezerros em instalações com e sem luz artificial.

Idade \ Tratamento	Idade		Média Tratamento
	Até 30 dias	Dos 31 aos 75 dias	
Com luz	0,230 ± 0,013Bb	0,311 ± 0,014Ba	0,270 ± 0,016B
Sem luz	0,300 ± 0,027Ab	0,314 ± 0,019Aa	0,307 ± 0,023A
Média Idade	0,265 ± 0,022b	0,312 ± 0,016a	

Médias seguidas por letra maiúscula diferente na coluna e minúscula na linha diferem entre si pelo teste t (P<0,01).

Foram observados maiores valores de ganho médio diário de altura (0,243 ± 0,016 cm) e comprimento (0,306 ± 0,026 cm) durante os primeiros 30 dias de vida dos bezerros, diferindo significativamente (P<0,01) dos ganhos médios diários durante o período de 31 a 75 dias de vida (0,173 ± 0,017 e 0,257 ± 0,024 cm, respectivamente).

Os valores médios de ganho de comprimento diário também diferiram significativamente (P=0,006) entre os tratamentos (com e sem luz). O ganho diário para o tratamento com luz foi maior (0,288 ± 0,027 cm) que para o tratamento sem luz (0,275 ± 0,024 cm). Estes resultados corroboraram com os mostrados por Osborne et al. (2007), que também encontraram maiores valores de comprimento para bezerros submetidos a fotoperíodos longos (P < 0,05). Neste estudo, o comprimento do corpo foi altamente (r = 0,72, P < 0,001) correlacionado com o peso, que por sua vez, está relacionado com a ingestão de matéria-seca.

7.4. Conclusão

Os valores de variáveis fisiológicas não sofrem influencia do fotoperíodo, porém sofrem influencia nos horários de coleta, sendo os maiores valores encontrados às 12 horas.

O fotoperíodo longo (18 h luz: 6 h escuro) não influenciou a ingestão de alimento (ração e água) de bezerros em aleitamento. O consumo de água somente aumentou quando a entalpia ultrapassou os valores críticos para bezerros, depois dos 30 dias de vida dos animais.

O desempenho foi influenciado pela idade dos animais, devido ao seu crescimento ao longo do tempo. O ganho de peso médio diário e o perímetro torácico não sofreram influencia do fotoperíodo longo, sendo que o tratamento que não recebeu luz artificial mostrou maiores valores para as duas variáveis. O ganho médio diário de altura e comprimento foi maior até os primeiros 30 dias de vida, devido ao crescimento da estrutura óssea que se dá no início da vida dos animais.

8. Experimento 2: Comportamento ingestivo e social de bezerros em aleitamento submetidos a um programa de suplementação de luz

RESUMO : Este trabalho teve como objetivo analisar se a utilização de um programa de suplementação de luz artificial altera o comportamento social e ingestivo de bezerros em aleitamento. O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, em Ribeirão Preto, SP. Foram utilizados 20 bezerros Jersey e mestiços da raça, divididos em dois tratamentos, com e sem programa de suplementação de luz artificial. O programa de suplementação de luz artificial consistiu em 6 h de luz artificial (das 00:00 as 6:00 h), completando 18 horas de luz por dia. O comportamento social dos animais não sofreu efeito significativo ($P > 0,05$) do tratamento de luz, porém os períodos do dia dividido de seis em seis horas, influenciou a comportamento dos animais. As atividades de ócio e dormindo são as mais frequentes na criação de bezerros em aleitamento. O comportamento ingestivo é alterado pela presença de luz e pelo período do dia, sendo que os animais mostram maior consumo de água e ração quando não são submetidos a luz artificial.

Palavras-chave: comportamento, fotoperíodo, ingestão

8.1. Introdução

Com a grande preocupação com o bem-estar dos animais, os estudos de etologia vêm sendo cada vez mais utilizados no desenvolvimento de modelos que servem para dar suporte às pesquisas e às formas de manejo dos animais de interesse zootécnico (Mc BRIDE (1984), citado por BUSTOS MAC-LEAN, 2008).

Os fatores exógenos que provocam o estresse, denominados estressores, são o calor, o frio, a umidade, a fome, a sede, as infecções, os esforços corporais, a dor, a poluição sonora, a elevada densidade populacional, o isolamento, o medo, a ansiedade, dentre outros (TEIXEIRA, 2005). Estes podem ser medidos de diversas maneiras, e podem afetar o animal diretamente.

A primeira reação ao estresse é o reconhecimento do agente estressor com alteração do comportamento, tanto social como ingestivo. Portanto, os animais têm reações comportamentais ao serem expostos a estímulos estressantes na tentativa de escapar ou aliviar-se do estressor (MOBERG, 2000). As alterações comportamentais de estresse são rápidas, especialmente em situações agudas que revelam medo e refletem o sentimento dos animais para evitar o agente estressor (PASSILLÉ et AL, 1995).

Diversos comportamentos são capazes de fornecer uma informação imediata sobre o bem-estar dos animais. Eles podem compreender desde uma total apatia, passando por estereopatias, até alta agressividade. Um comportamento estereotipado é aquele que se apresenta de forma constante, repetitivo, como movimentos de língua, balançar de cabeça ou corpo (BROOM e FRASER, 2007). A ativação do sistema nervoso autônomo trata-se de uma segunda defesa biológica do animal mediante uma situação de estresse. (CANNON, 1929 apud LUDTKE, 2008; MOBERG, 2000).

Os padrões de comportamento dos animais são alterados por estímulos estressantes, tais como fome, sede, calor ou frio (BROOM; MOLENTO, 2004).

Uma das alternativas de modificação do ambiente é a iluminação artificial utilizada em criações animais para estimular a ingestão de alimento principalmente nos horários mais frescos do dia, onde a radiação solar é menor e a dissipação do calor provocado pela ingestão de alimento (incremento calórico) pode ser mais eficiente devido ao menor estresse térmico (MELLACE, 2009).

Este trabalho objetivou analisar se a utilização de um programa de suplementação de luz artificial altera o comportamento social e ingestivo de bezerros em aleitamento.

8.2. Material e métodos

8.2.1. Local

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), localizada na cidade de Ribeirão Preto, SP. A região está situada a $21^{\circ}12'26''$ S e $47^{\circ}51'48''$ N, com altitude média de 646 m acima do nível do mar. O índice pluviométrico médio anual da cidade é de 1427 mm e o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köeppen, com temperatura média, no verão, de $32,0^{\circ}\text{C}$ e, no inverno, de $16,0^{\circ}\text{C}$. O experimento foi realizado entre 17 de janeiro e 31 de maio de 2011.

8.2.2. Animais, instalações e ambiente

Foram utilizados 20 bezerros (12 fêmeas e oito machos), da raça Jersey e mestiços de Jersey (8 fêmeas e 12 machos respectivamente), alojados em cabanas individuais, cobertas com telhas de fibrocimento (Figura 15). Os animais foram aleatorizados nos seguintes tratamentos: com programa de suplementação de luz artificial e sem programa de suplementação de luz artificial, mantidos na instalação do nascimento até os 75 dias de idade.



Figura 15. Cabanas individuais para bezerros cobertas com telhas de fibrocimento.

As 20 cabanas tropicais ocupadas por bezerros foram dispostas em três fileiras, instaladas em uma área plana com piso de areia, posicionadas na direção leste/oeste. Cada casinha possui as seguintes dimensões: 0,80 m de largura por 1,10 m de comprimento. Além das cabanas ocupadas por bezerros, foram colocadas nestas fileiras duas cabanas para controle do ambiente e da água evaporada (Figura 16).

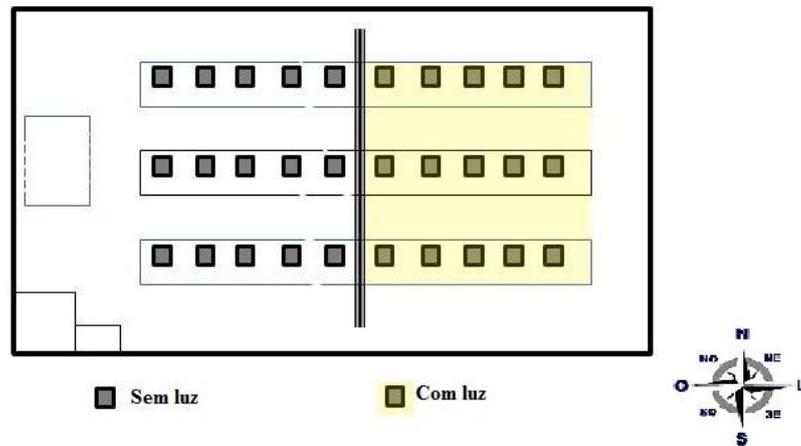


Figura 16. Disposição das cabanas tropicais em três fileiras.

Para caracterizar o ambiente na região do experimento, foram colocados dataloggers da marca HOBO, modelo U12-012, com um canal externo acoplado a um globo negro, em 18 casinhas e um externo (no ambiente).

Os aparelhos foram programados para coletar os dados climáticos a cada 15 min, coletando as seguintes medidas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e temperatura do globo negro (TGN). Também foi instalado, no ambiente, um termômetro de máxima e mínima e um termohigrômetro para poder determinar os dias de entalpia alta para fazer as coletas de variáveis fisiológicas e imagens termográficas.

Os dados médios do clima como temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR), temperatura do globo negro (TGN) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e as respectivas variações durante cada mês de experimento, divididos nos horários de coleta, são apresentados na Tabela 7.

Para determinação dos valores médios, utilizou-se o intervalo de uma hora a mais e a menos do horário pretendido.

Tabela 7. Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura do globo negro e índice de temperatura de globo e umidade: valores médios e suas variações registradas nos meses de experimento nos quatro horários de coleta.

Mês	Hora	Tar	Tar	UR	UR	TGN	TGN	ITGU	ITGU
		(°C)	(°C)	(%)	(%)	(°C)	(°C)	Média	Variação
Janeiro	06:00	23,2	20,0-30,1	86	62-99	23,0	19,8-29,9	73	69-82
	12:00	33,2	22,5-42,2	53	29-94	34,3	22,2-44,2	87	72-98
	18:00	30,1	22,0-39,9	60	30-100	30,4	22,2-46,4	82	72-100
	00:00	24,7	21,3-31,4	83	63-96	24,5	21,1-31,2	75	70-83
Fevereiro	06:00	20,6	17,4-22,5	98	89-100	20,4	17,0-22,4	69	65-72
	12:00	34,2	22,2-40,8	49	29-100	38,0	22,8-43,9	91	72-97
	18:00	29,0	19,9-39,5	61	27-99	30,2	16,4-46,4	81	68-100
	00:00	22,0	20,0-25,4	92	74-100	21,8	19,5-25,4	71	68-76
Março	06:00	20,5	17,1-22,5	98	79-100	20,4	17,0-26,1	69	65-75
	12:00	29,3	20,4-38,7	67	38-100	31,9	20,7-44,9	83	70-99
	18:00	25,8	20,4-37,0	79	39-100	26,6	20,1-45,9	77	69-99
	00:00	21,3	19,1-23,8	97	81-100	21,2	18,9-23,7	70	67-74
Abril	06:00	17,0	11,4-21,4	99	85-100	17,1	11,3-25,4	65	57-75
	12:00	33,4	20,7-39,9	47	27-97	38,0	20,8-45,7	90	70-99
	18:00	24,3	18,5-29,5	74	46-99	24,3	18,3-30,4	74	66-82
	00:00	18,6	13,4-23,2	97	79-100	18,5	13,3-23,2	67	60-73
Maio	06:00	12,7	5,1-18,3	98	85-100	12,6	4,9-18,4	59	48-66
	12:00	31,9	21,6-39,3	39	25-88	37,1	23,3-45,8	89	73-99
	18:00	20,9	14,5-26,9	71	42-95	20,9	14,2-27,6	70	61-78
	00:00	14,6	7,7-19,5	94	73-100	14,5	7,5-19,2	61	52-68

8.2.3. Programa de suplementação de luz artificial

As instalações equipadas com luz artificial (11 cabanas, sendo uma para controle) receberam lâmpadas fluorescentes de 25 W de luz amarela, protegidas por holofotes para evitar contato direto com os bezerrros. A estrutura foi colocada próxima ao comedouro do animal (Figura 17).



Figura 17. Holofote com lâmpada (dia e noite) para o programa de suplementação de luz.

O programa de suplementação de luz teve início, diariamente, às 00:00 horas (adaptado de acordo com o horário de verão no início do experimento, quando a luz era acesa a uma da manhã), para não haver interrupção de luz até o início da luz natural, com o auxílio de um timer digital programado.

Assim, o tratamento com luz totalizou 18 h de luz durante o período de 24 h (12 h de luz natural + 6 h de luz artificial), e o tratamento sem luz totalizou 12 h de luz natural durante as 24 h do dia.

Os dois tratamentos foram separados verticalmente por uma lona plástica, com um lado preto e o outro laranja (modelo de fábrica). O lado de cor laranja ficou direcionado para o tratamento com luz, e o lado preto ficou voltado para o tratamento sem luz, a fim de manter totalmente escuro durante o período noturno (Figura 18).



Figura 18. Programa de suplementação de luz durante o dia e a noite.

8.2.4. Alimentação

A dieta dos animais foi composta por ração comercial balanceada para fase inicial da criação de bezerros com a seguinte composição mostrada na Tabela 8 e leite fornecido pela

Fazenda Experimental contendo uma média de 12% de sólidos totais, de acordo com as análises feitas pela Clínica do Leite, do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP.

Tabela 8. Composição da ração comercial para bezerros.

Elemento	Quantidade (%)*
NDT	88
PB	20
FB	9
EE	3
MM	10

* com base na matéria-seca(MS).

A alimentação dos animais foi fornecida em baldes de alumínio, sendo que, em cada cabana, havia dois baldes, um para o fornecimento de água e leite e outro para o fornecimento de ração (Figura 19).



Figura 19. Cabana individual com os baldes para alimentação dos bezerros.

Os bezerros recebiam 4 L de leite por dia em duas refeições (08:00 h e 15:00 h) até os 30 dias de vida, e 2 L em duas refeições dos 31 aos 75 dias de idade. A ração foi fornecida uma vez ao dia, às 08:00 h da manhã durante o período experimental (Figura 20).



Figura 20. Fornecimento de leite (ou água) e ração para os animais.

8.2.5. Comportamento Social

O comportamento perante a suplementação de luz nas cabanas foi feito por método focal, no tempo, 10 dias não consecutivos, durante 24 horas. Os padrões de atividade dos animais foram registrados em um etograma de campo a cada 15 minutos sendo anotados os tempos de posição (ao sol, a sombra, a luz, dentro ou fora da cabana), de postura (em pé ou deitado), e atividades realizadas (ócio, ruminando, comendo, bebendo, grooming, dormindo, mordendo/lambendo e outras atividades), como seguem descritas na Tabela 9 (MARTIN & BATENSON, 2005).

Tabela 9. Descrição dos comportamentos observados nos bezerros experimentais.

Comportamento	Descrição
Posição	
Casa/sol	Dentro da cabana ao sol
Casa/sombra	Dentro da cabana à sombra
Casa/luz	Dentro da cabana sob luz artificial
Fora/sol	Fora da cabana ao sol
Fora/sombra	Fora da cabana à sombra
Fora/luz	Fora da cabana sob luz artificial
Postura	
Em pé	Postura ereta – apoiando os quatro membros no chão
Deitado	Decúbito externo ou lateral
Atividade	
Ócio	Sem atividade aparente
Dormindo	Olhos fechados e/ou a cabeça sob o costado
Ruminando	Movimentos de mastigação sem ingestão de alimento
Grooming	Afaga ou é afagado
Mordendo/Lambendo	Mordendo, lambendo ou roendo a cabana ou outro objeto
Bebendo	Ingerindo água
Comendo	Ingerindo ração

8.2.6. *Comportamento Ingestivo*

O comportamento ingestivo foi medido nos dias em que foi feito o comportamento social (10 coletas). Fez-se a pesagem de água e alimento duas vezes ao dia (6 e 18 h), para determinar a ingestão de alimento no período com luz natural e com luz artificial.

Para determinar a ingestão dos animais, as sobras dos cochos foram registradas diariamente, antes do fornecimento da ração, para cálculo do consumo alimentar. A ração foi fornecida de forma gradativa aos animais, iniciando com 100 g por dia. Todas as manhãs, a sobra foi aferida, quando o valor foi menor do que 50 g, foram acrescentadas 100 gramas a mais para o animal e assim consecutivamente até o animal receber no máximo 1300 gramas, valor este determinado como aproximadamente 2,0% do peso vivo em concentrado. Este valor não foi ultrapassado para evitar o empanzinamento dos bezerros.

Após o fornecimento de leite (duas refeições ao dia), era fornecida água para cada animal, no mesmo recipiente e mantido até a próxima refeição (Figura 21).

A água também foi submetida à pesagem, duas vezes ao dia, devido ao fornecimento de leite no mesmo balde, para verificar a ingestão. Para não haver uma superestimativa do consumo, foram colocados dois baldes nas casinhas controle para verificar a evaporação de água ocorrida em cada intervalo de tempo e este valor foi subtraído do consumo de água dos animais.



Figura 21. Pesagem de ração e água.

A quantidade de água inicial fornecida por trato foi de 3000 gramas, variando conforme o consumo dos animais. Para determinação do valor consumido, foram subtraídas as sobras do dia e a quantidade de água evaporada nos baldes colocados nas cabanas controle.

Para a determinação de consumo nos dias considerados críticos para bezerros, ou seja, de alta entalpia, o cálculo foi feito somente com os dados de ingestão dos dias em que a entalpia

obteve valores maiores que 66,08 KJ/Kg de ar seco (variando de 66,08 a 71,80 KJ/Kg de ar seco). Para comparação e correlação os dias de menores valores de entalpia durante o experimento também foram considerados (variando de 42,25 e 61,20 KJ/Kg de ar seco).

8.2.7. Análise estatística para o comportamento

Para a avaliação do comportamento social e ingestivo dos animais, os dados foram analisados como blocos (formados por raça e sexo) casualizados com medidas repetidas no tempo (período) pelo Proc GLM do SAS, aplicando-se análise de variância, teste F, teste t.

O modelo matemático utilizado foi: $Y = \mu + A_i + T_j + B_k + e_{ijk}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, B = efeito do bloco, e = erro.

No comportamento ingestivo foi utilizado o modelo abaixo, sendo a idade uma co-variável:

$Y = \mu + A_i + T_j + B_k + P_l + e_{ijkl}$, onde A= efeito animal, T = efeito do tratamento, B = efeito do bloco, P = o efeito do período, e = erro.

8.3. Resultados e discussão

8.3.1. Comportamento Social

A posição dos bezerros variou ($P < 0,05$) durante os períodos dos dias avaliados. A tabela 10 mostra que nos períodos de maior intensidade solar (06:00 às 12:00 e 12:00 às 18:00 h) a busca pela sombra foi maior, dentro e fora das cabanas.

Tabela 10. Frequências (%) das posições analisadas nas coletas de comportamento de bezerros em aleitamento nos períodos divididos durante as 24 horas do dia.

	18:00 às 24:00	24:00 às 06:00	06:00 às 12:00	12:00 às 18:00
casa/sol	0,0	0,0	27,3	0,9
casa/sombra	50,6	12,2	19,4	50,9
casa/luz	0,0	13,9	0,0	0,0
fora/sol	0,0	0,0	27,8	8,1
fora/sombra	49,3	38,8	25,5	40,1
fora/luz	0,0	35,0	0,0	0,0

O tempo em que os animais permaneceram dentro e fora da casa não variou significativamente ($P > 0,05$), diferente do encontrado por Cunha et al. (2007), que mostraram que bezerros mantidos em cabanas tropicais permanecem mais tempo fora independente do tratamento. Segundo Chua et al. (2002), bezerros são animais que vivem em grupo e, quando criados individualmente, procuram o lado de fora das instalações na tentativa de interagirem com os outros.

Somente foi encontrado efeito de tratamento ($P < 0,05$) nas posições em que o programa de luz suplementar interferia no comportamento analisado (casa/luz, fora/sombra e fora/luz). O tratamento com luz teve grande diminuição do tempo de sombra no período das 24:00 às 6:00 h devido ao programa de suplementação de luz funcionar neste momento. O que explica a diferença significativa quando a posição observada foi dentro e fora da cabana na luz, o que revela o horário em que os animais foram submetidos ao programa de suplementação de luz.

A postura dos animais também somente variou ($P < 0,05$) para os períodos avaliados no comportamento. Para todos os períodos, mais de 60% do tempo os animais apresentaram o comportamento “deitado” (Figura 22).

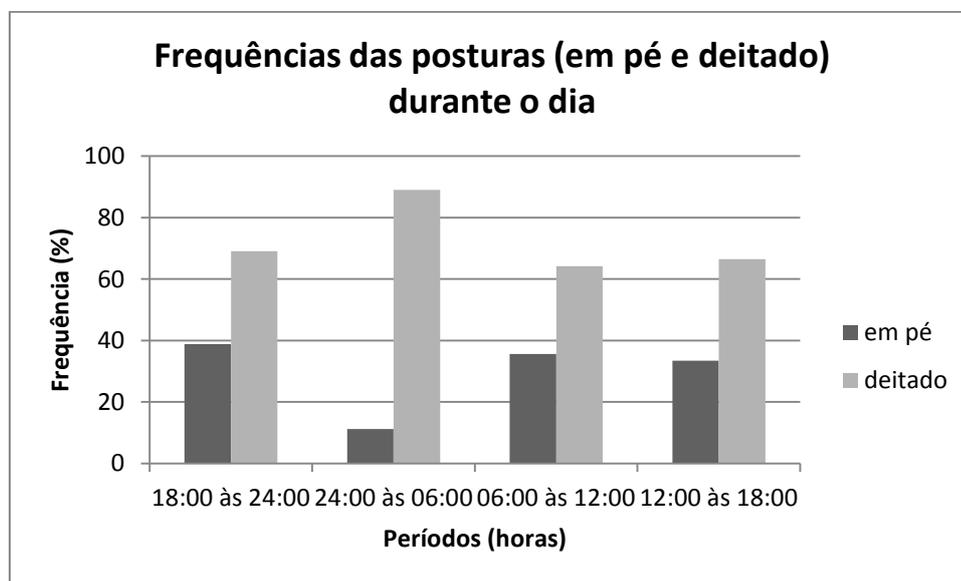


Figura 22. Frequências das posturas em pé e deitado de bezerros em aleitamento durante um período de 24 horas dividido em quatro períodos.

Analisando os efeitos de tratamento e período, tal como sua interação, nas atividades realizadas por bezerros em aleitamento, observou-se o efeito de período ($P < 0,05$) para todas as atividades observadas (Tabela 11).

Tabela 11. Frequências (%) das atividades diárias observadas nos quatro períodos do dia (18:00 às 24:00; 24:00 às 06:00; 06:00 às 12:00; 12:00 às 18:00) de bezerros em aleitamento ($P < 0,0001$).

Período (h)	18:00	24:00	06:00	12:00
Atividade	às 24:00	às 06:00	às 12:00	às 24:00
Comendo	1,5 ^c	1,4 ^c	4,0 ^b	5,8 ^a
Bebendo	0,4 ^b	0,1 ^b	1,2 ^a	0,8 ^a
Ruminando	1,2 ^b	6,7 ^a	2,4 ^b	2,8 ^b
Ócio	44,1 ^a	25,4 ^b	31,0 ^b	30,4 ^b
Dormindo	37,4 ^b	58,4 ^a	37,4 ^b	36,9 ^b
Grooming	4,5 ^a	1,0 ^b	3,1 ^a	3,5 ^a
Mordendo/Lambendo	8,6 ^b	5,3 ^b	15,5 ^a	16,3 ^a

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo Teste-T ($P < 0,05$)

As atividades de maior frequência em todos os períodos avaliados foram as atividades dormindo e ócio.

A atividade comendo teve baixos valores. Isto pode ser explicado por DE BOEVER (1991) que salienta que a ingestão ocorre de maneira mais concentrada durante o dia, e a duração das refeições é muito mais variável que a duração dos períodos de ruminação e ócio, indicando que a desratização das séries temporais feita em escala superior a 5 minutos de intervalo resultaria em uma maior perda de observações e conseqüentemente diminuiria a precisão (FISHER et al., 2000).

Os tratamentos do programa de suplementação de luz influenciaram significativamente ($P < 0,05$), nas atividades denominadas grooming e mordendo/lambendo (Tabela 12). As maiores frequências dessas atividades (3,6% e 12,7%, respectivamente) foram observadas para o tratamento com luz. Isto pode ter ocorrido, porque os animais tinham a percepção da luz e buscavam por alimento, ou por estresse provocado pelas horas adicionais de luz durante o dia.

Tabela 12. Frequências (%) das atividades diárias observadas por 24 horas de bezerros em aleitamento submetidos ou não a um programa de suplementação de luz.

Atividade	Tratamento		P (linha)
	Com Luz	Sem Luz	
Comendo	3,2 ^d	3,1 ^d	0,84
Bebendo	0,5 ^e	0,6 ^e	0,42
Ruminando	3,4 ^d	3,1 ^d	0,69
Ócio	31,8 ^b	33,6 ^b	0,38
Dormindo	41,6 ^a	43,4 ^a	0,29
Grooming	3,6 ^d	2,3 ^d	0,02*
Mordendo/Lambendo	12,7 ^c	10,1 ^c	0,04*

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste-T (P < 0,05)

A frequência do comportamento comendo foi baixa tanto quando comparamos os períodos como os tratamentos. Os maiores valores encontrados para este comportamento foram para os horários que abrangem o período diurno (06:00 às 12:00 e 12:00 as 18:00), devido ao horário de fornecimento de ração.

Quando o comportamento dos animais é observado e há intenção de relacioná-lo com o bem-estar dos animais, existe uma sequência de comportamentos que é realizada para se chegar ao estado de alto bem-estar. De acordo com Fraser e Broom (2002), os bovinos mostram completo bem-estar quando chegam à ruminação e principalmente na postura deitada, pois é a última posição de uma sequência de movimentos de comportamento destes animais.

Neste estudo foi observado que os comportamentos ócio e ruminando deitado, não tiveram efeito significativo (P > 0,05) dos tratamentos, porém diferiram (P < 0,05) nos períodos do dia, como é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Frequências (%) do comportamento ócio deitado e ruminando deitado de bezerros em aleitamento durante um período de 24 horas.

Atividade Período	Ócio deitado	Ruminando deitado
18:00 às 24:00	29,4 ^a	0,8 ^b
24:00 às 06:00	21,6 ^b	6,5 ^a
06:00 às 12:00	20,5 ^b	2,6 ^b
12:00 às 18:00	22,5 ^{ab}	2,3 ^b

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste-T (P < 0,05)

Segundo Titto (2010), o tempo deitado pode ser uma resposta de conforto térmico, posição de preferência durante ruminação e ócio. Ansell (1981) também notou que bovinos sob estresse térmico se recusam a deitar, explicando que nessa situação de desconforto o animal busca expor a maior parte do corpo à atmosfera para facilitar a perda de calor.

As figuras (Figuras 23, 24, 25, 26) que seguem são para resumir o comportamento durante os períodos avaliados.

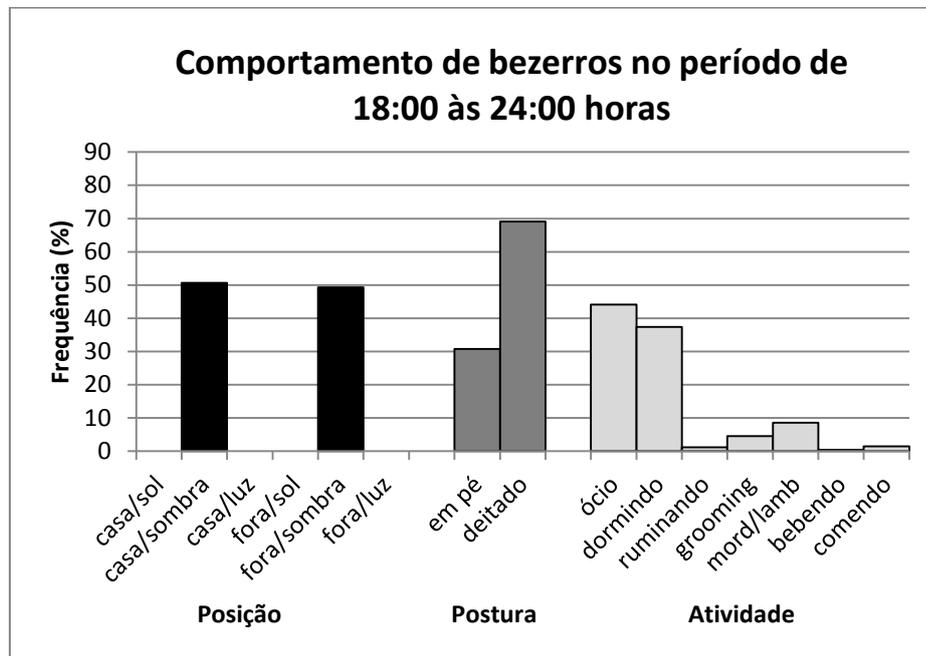


Figura 23. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 18:00 e 24:00 horas.

Mellace (2009) mostrou que o tempo de permanência em decúbito foi significativamente influenciado pelo manejo alimentar. Numericamente, as menores porcentagens de tempo de permanência nesta atividade foram observadas às 7h30 e às 15h (horários de fornecimento da dieta líquida).

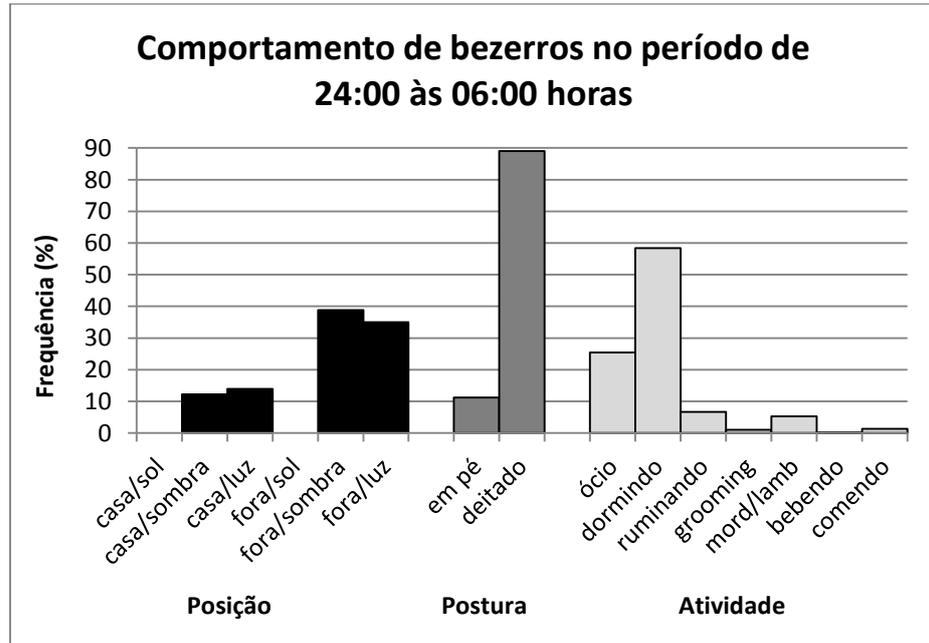


Figura 24. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 24:00 e 06:00 horas.

Os menores valores para a posição deitado foram encontrados nos períodos diurnos (6:00 às 12:00 e 12:00 às 18:00), corroborando com Cunha et al. (2007), que verificou que o tempo de permanência em decúbito foi significativamente influenciado pelo manejo alimentar, ou seja, numericamente, as menores porcentagens de tempo de permanência nesta atividade foram observadas no período da manhã (horários de fornecimento da dieta líquida).

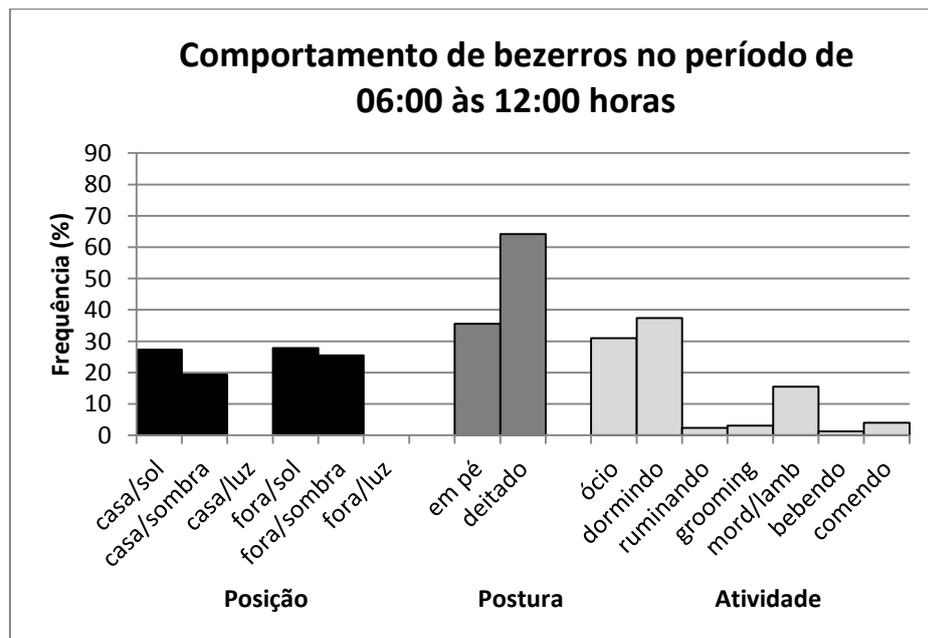


Figura 25. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 06:00 e 12:00 horas.

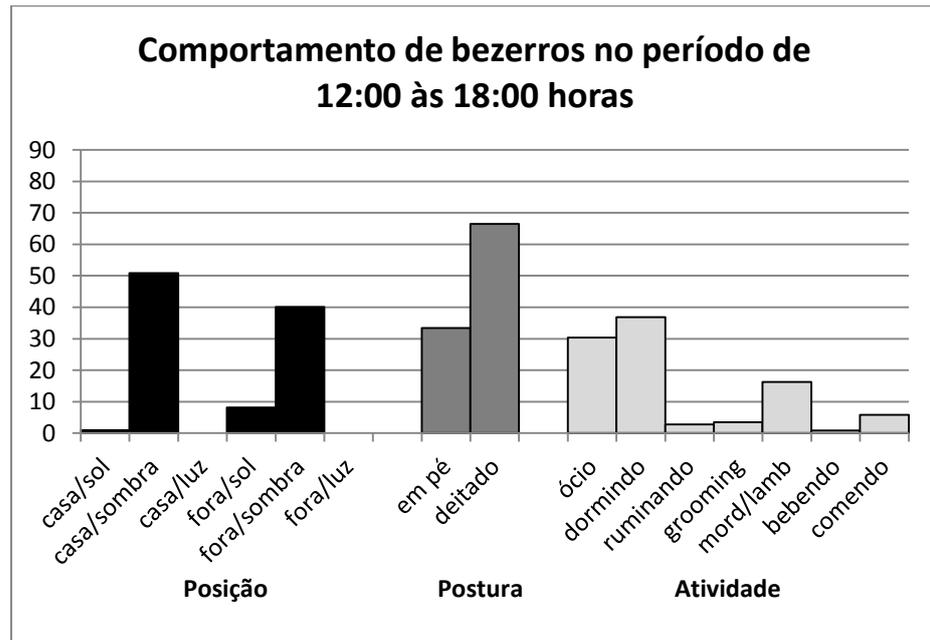


Figura 26. Comportamento de bezerros em aleitamento no período entre 12:00 e 24:00 horas.

Pereira et. al. (1998), trabalhando com bezerros Limousin, observaram o comportamento em ambientes com e sem sombra e constataram que 75% da ingestão de alimento, 78% do ócio ou repouso e 96% da ruminação foram realizados à sombra, indicando alto grau de bem-estar dos animais.

Para todos os períodos, a atividade deitado foi bem evidente. Dentre os padrões de comportamento, deitar-se é de suma importância para proporcionar períodos de descanso, que, para bovinos de leite, é em torno de 8 a 14 horas, quando em condições de estresse térmico, pois os animais permanecem mais tempo em pé (MATARAZZO, 2004). Assim, o animal expõe uma maior superfície de contato com o ar, o que aumenta a área corporal passível de trocas térmicas convectivas e, ao deitar-se, há um aumento da área de contato com o solo, aumentando, neste caso, as trocas por condução, Conceição (2008).

8.3.2. *Comportamento Ingestivo*

Um efeito do tratamento e do período, independentemente, foi observado para a ingestão de água e ração.

Os animais do tratamento sem luz apresentaram uma maior ingestão de água (992,5 g) e de ração (346,2 g) que o tratamento com luz (218,9 e 251,8 g; respectivamente), mostrando

que o programa de suplementação de luz não influencia no comportamento ingestivo dos animais.

A ingestão de água e ração foi, significativamente ($P < 0,05$), maior no período diário do que no período noturno, mostrado na Figura 26.

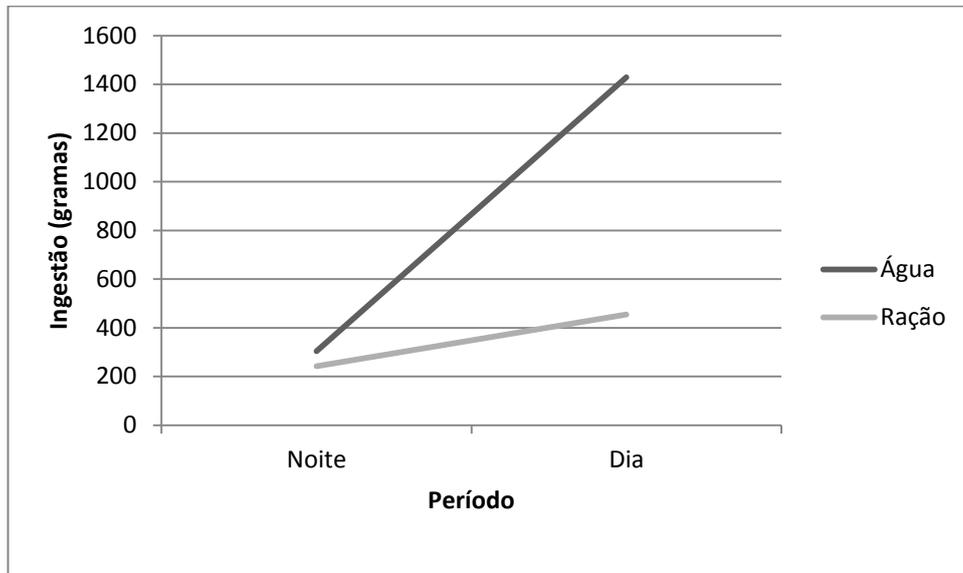


Figura 27. Ingestão de água e ração de bezerros em aleitamento nos períodos noturno e diário.

O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde, sendo que o tempo gasto diariamente nesta atividade, por vacas leiteiras estabuladas, tem sido de 4,5 horas (DAMASCENO et al., 1999), podendo variar de uma hora, para alimentos ricos em energia, até seis horas ou mais, para alimentos de baixo valor energético (BURGER et al., 2000).

8.4. Conclusão

O comportamento social de bezerros em aleitamento não é alterado pelo programa de suplementação de luz artificial. As atividades de ócio e dormindo são as mais frequentes na criação de bezerros em aleitamento.

O comportamento ingestivo é alterado pela presença de luz e pelo período do dia, sendo que os animais mostram maior consumo de água e ração quando não são submetidos a luz artificial.

9. Experimento 3: Correlação entre métodos para registro de parâmetros fisiológicos para bezerros em aleitamento utilizando termografia infravermelha

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo mostrar se há uma correlação entre registros de variáveis fisiológicas obtidas por métodos convencionais (considerados invasivos, com termômetros digitais) e pelo método de fotografia infravermelha. O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, em Ribeirão Preto, SP. Foram utilizados 20 bezerros Jersey e mestiços da mesma raça. O experimento consistiu em cinco coletas de dados em dias de alta entalpia, onde os dados foram registrados em quatro horários (18:00, 00:00, 06:00 e 12:00 h). Foram registradas as seguintes variáveis fisiológicas: temperatura da superfície do pelame (TSP) e temperatura caudal (TC) com termômetro infravermelho, temperatura auricular (TA) com termômetro auricular digital, e temperatura retal (TR) com termômetro clínico digital (método convencional). As fotos termográficas foram registradas com uma câmera termográfica, nos mesmos dias e horários de registros das variáveis fisiológicas pelo método convencional. Os valores obtidos pelos dois métodos de colheita de dados foram correlacionados. É possível relacionar fotos termográficas de bezerros em aleitamento com o método convencional de registro de temperaturas corporais. Para este trabalho, utilizou-se a temperatura auricular, na qual foi apresentada uma regressão para obter as demais temperaturas corporais do animal.

Palavras-chave: entalpia, termorregulação, termografia, variáveis fisiológicas

9.1. Introdução

O clima, principalmente em países tropicais como o Brasil, é considerado um dos principais agentes estressores na produção animal. As adversidades climáticas alteram as condições fisiológicas dos animais e podem ocasionar o declínio da produção (GRANT & ALBRIGHT, 1995).

O bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas baseando-se na premissa antagônica de que o aumento do estresse, diminui o bem-estar (PERISSINOTO et al., 2006).

As altas temperaturas, associadas à umidade do ar também elevada, afetam negativa e significativamente a temperatura retal e a frequência respiratória, e causam estresse em animais de interesse zootécnico (MAGALHÃES et al., 2000). A capacidade de o animal resistir às condições de estresse calórico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e frequência respiratória. A manutenção da temperatura corporal é determinada pelo equilíbrio entre a perda e o ganho de calor. A referência fisiológica dessa variável é obtida mediante a mensuração da temperatura retal, que pode variar de 38,0°C a 39,3°C em animais leiteiros (ROBINSON, 1999). Porém a temperatura retal é um método de avaliação considerado invasivo, o que pode aumentar o estresse do animal.

Para evitar-se o aumento desse estresse, estão sendo realizadas pesquisas para buscar novas ferramentas para obtenção dos registros de indicadores fisiológicos. Segundo Ramirez (2006), é recomendável procurar equipamentos que reúnam certas características, tais como: ser de carácter nada ou pouco invasivos no seu emprego, com sua efetividade provada, que ofereçam algumas vantagens com respeito a outros, que sejam econômicos, acessíveis e fáceis de manusear, e que o treinamento para o manejo de equipamentos seja ou esteja incluso na compra do produto.

A termografia é uma técnica de exame por imagem ilustrativa da temperatura superficial de um objeto. É uma técnica diagnóstica não invasiva que mensura a emissão de calor (WEIL et al., 1998; TURNER, 2001a, 2001b). No caso de seres vivos, o padrão de circulação e fluxo sanguíneo vai manifestar o padrão térmico, que é a base para a interpretação termográfica. A temperatura da pele de mamíferos é aproximadamente 5,0°C inferior que a das regiões internas do corpo, sendo o calor, muitas vezes, dissipado através da pele por evaporação e outros meios (ADAMS et al., 1980), alcançando o equilíbrio entre as temperaturas interna e externa. Portanto, a imagem infravermelha é a técnica mais eficiente e não invasiva para o estudo da distribuição de temperatura, com capacidade para medir locais anatômicos e

identificar diferenças significativas entre imagens térmicas (MEDICAL MONITORING SYSTEMS, 1999).

Uma das ferramentas disponíveis é a câmera termográfica, a qual mede a radiação infravermelha emitida de um objeto e então esta informação é usada para criar imagens (termogramas) (KNIZKOVÁ, 2007). O emprego dessa ferramenta é bastante amplo para avaliação de variáveis relacionadas à temperatura, ou que apresentam alteração da temperatura como variável indireta. Pode ser usada nos sistemas de produção animal e vegetal, como alternativa aos métodos tradicionais, que possuem limitações em obtenção de dados, não possibilitando medidas com exatidão e/ou perfeição (JUNGES, 2010).

O método de análise de imagens termográficas tem encontrado inúmeras aplicações, não só na indústria, mas também na medicina humana e veterinária, principalmente para fins de diagnóstico (YANG AND YANG, 1992; DENOIX, 1994; HILSBURG et al., 1997; HARPER, 2000; EMBABY et al., 2005; MARKEL and VAINER, 2005).

Na pecuária, o infravermelho tem sido utilizado para identificar problemas dos aparelhos locomotores em bovinos e equinos (SCHMIDT et al., 2003). Em 2002, pesquisadores dos zoológicos alemães de Frankfurt e Leipzig usaram a termografia para detectar uma gestação tardia em girafa (BOWERS et al., 2009). A termografia se mostrou um método rápido e eficiente para indicar e mapear enfermidades existentes na região toracolombar em equinos (FONSECA, 2005).

Este trabalho teve como objetivo mostrar se existe uma correlação entre registros de variáveis fisiológicas obtidas por métodos convencionais (considerados invasivos, com termômetros digitais) e pelo método de fotografia infravermelha.

9.2. Material e métodos

9.2.1. Local

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), localizada na cidade de Ribeirão Preto, SP. A região está situada a 21°12'26" S e 47°51'48" N, com altitude média de 646 m acima do nível do mar. O índice pluviométrico médio anual da cidade é de 1427 mm e o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média, no verão, de 32,0°C e, no inverno, de 16,0°C. O experimento foi realizado entre 17 de janeiro e 31 de maio de 2011.

9.2.2. Animais, instalações e ambiente

Foram utilizados 20 bezerros (12 fêmeas e oito machos), da raça Jersey e mestiços de Jersey (8 fêmeas e 12 machos respectivamente), alojados em cabanas individuais, cobertas com telhas de fibrocimento (Figura 27). Os 20 animais foram mantidos na instalação do nascimento até os 75 dias de idade.



Figura 28. Cabanas individuais para bezerros cobertas com telhas de fibrocimento.

As 20 cabanas tropicais ocupadas por bezerros foram dispostas em três fileiras, instaladas em uma área plana com piso de areia, posicionadas na direção leste/oeste. Cada casinha possui as seguintes dimensões: 0,80 m de largura por 1,10 m de comprimento.

Para caracterizar o ambiente na região do experimento, foram colocados dataloggers da marca HOBO, modelo U12-012, com um canal externo acoplado a um globo negro, em 18 casinhas e um externo (no ambiente).

Os aparelhos foram programados para coletar os dados climáticos a cada 15 min, coletando as seguintes medidas: temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e temperatura do globo negro (TGN). Também foi instalado, no ambiente, um termômetro de máxima e mínima e um termohigrômetro para poder determinar os dias de entalpia alta para fazer as coletas de variáveis fisiológicas e imagens termográficas.

Os dados médios do clima como temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR), temperatura do globo negro (TGN) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e as respectivas variações durante cada mês de experimento, divididos nos horários de coleta, são apresentados na Tabela 14.

Para determinação dos valores médios, utilizou-se o intervalo de uma hora a mais e a menos do horário pretendido.

Tabela 14. Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura do globo negro e índice de temperatura de globo e umidade: valores médios e suas variações registradas nos meses de experimento nos quatro horários de coleta.

Mês	Hora	Tar	Tar	UR	UR	TGN	TGN	ITGU	ITGU
		(°C)	(°C)	(%)	(%)	(°C)	(°C)	Média	Variação
Janeiro	06:00	23,2	20,0-30,1	86	62-99	23,0	19,8-29,9	73	69-82
	12:00	33,2	22,5-42,2	53	29-94	34,3	22,2-44,2	87	72-98
	18:00	30,1	22,0-39,9	60	30-100	30,4	22,2-46,4	82	72-100
	00:00	24,7	21,3-31,4	83	63-96	24,5	21,1-31,2	75	70-83
Fevereiro	06:00	20,6	17,4-22,5	98	89-100	20,4	17,0-22,4	69	65-72
	12:00	34,2	22,2-40,8	49	29-100	38,0	22,8-43,9	91	72-97
	18:00	29,0	19,9-39,5	61	27-99	30,2	16,4-46,4	81	68-100
	00:00	22,0	20,0-25,4	92	74-100	21,8	19,5-25,4	71	68-76
Março	06:00	20,5	17,1-22,5	98	79-100	20,4	17,0-26,1	69	65-75
	12:00	29,3	20,4-38,7	67	38-100	31,9	20,7-44,9	83	70-99
	18:00	25,8	20,4-37,0	79	39-100	26,6	20,1-45,9	77	69-99
	00:00	21,3	19,1-23,8	97	81-100	21,2	18,9-23,7	70	67-74
Abril	06:00	17,0	11,4-21,4	99	85-100	17,1	11,3-25,4	65	57-75
	12:00	33,4	20,7-39,9	47	27-97	38,0	20,8-45,7	90	70-99
	18:00	24,3	18,5-29,5	74	46-99	24,3	18,3-30,4	74	66-82
	00:00	18,6	13,4-23,2	97	79-100	18,5	13,3-23,2	67	60-73
Maio	06:00	12,7	5,1-18,3	98	85-100	12,6	4,9-18,4	59	48-66
	12:00	31,9	21,6-39,3	39	25-88	37,1	23,3-45,8	89	73-99
	18:00	20,9	14,5-26,9	71	42-95	20,9	14,2-27,6	70	61-78
	00:00	14,6	7,7-19,5	94	73-100	14,5	7,5-19,2	61	52-68

9.2.3. Alimentação

A dieta dos animais foi composta por ração comercial balanceada para fase inicial da criação de bezerros com a seguinte composição mostrada na Tabela 15 e leite fornecido pela Fazenda Experimental contendo uma média de 12% de sólidos totais, de acordo com as análises feitas pela Clínica do Leite, do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP.

Tabela 15. Composição da ração comercial para bezerros.

Elemento	Quantidade (%)*
NDT	88
PB	20
FB	9
EE	3
MM	10

* com base na matéria-seca(MS).

A alimentação dos animais foi fornecida em baldes de alumínio, sendo que, em cada cabana, havia dois baldes, um para o fornecimento de água e leite e outro para o fornecimento de ração (Figura 28).

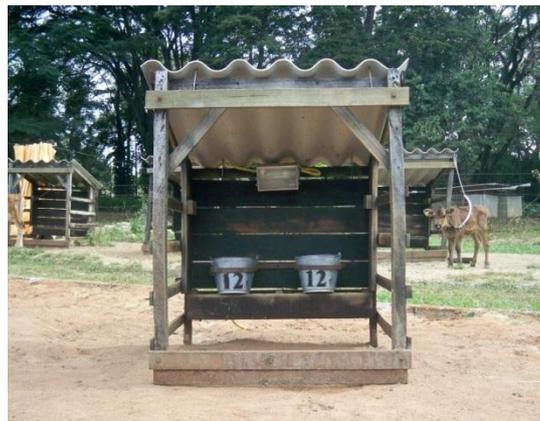


Figura 29. Cabana individual com os baldes para alimentação dos bezerros.

Os bezerros recebiam 4 L de leite por dia em duas refeições (08:00 h e 15:00 h) até os 30 dias de vida, e 2 L em duas refeições) dos 31 aos 75 dias de idade. A ração foi fornecida uma vez ao dia, às 08:00 h da manhã durante o período experimental (Figura 29).



Figura 30. Fornecimento de leite (ou água) e ração para os animais.

9.2.4. Colheita das Variáveis Fisiológicas

As variáveis fisiológicas registradas, relacionadas com o sistema termorregulador, foram: a frequência respiratória (FR), aferida através da contagem dos movimentos respiratórios no flanco do animal, durante 15 s, para depois ser calculada a FR por minuto (Figura 30a); a temperatura de superfície do pelame (TSP), aferida com um termômetro infravermelho no costado do animal (Figura 30b); a temperatura auricular (TA) aferida com um termômetro auricular no ouvido do animal (Figura 30c); a temperatura caudal (TC) aferida com um termômetro infravermelho (Figura 30d); e, por fim, a temperatura retal (TR) aferida com o auxílio de um termômetro clínico digital (Figura 30e).

Foram feitos cinco registros das variáveis fisiológicas em dias não consecutivos por meio do critério de dia crítico para bezerros. Entende-se por dia crítico aquele de entalpia elevada, a partir da qual começa a se acentuar o estresse térmico. Os registros foram feitos em quatro horários do dia: 18:00, 00:00, 06:00 e 12:00 h.

O dia crítico foi considerado para entalpia maior que 66,08 kJ/kg de ar seco, obtido a partir da temperatura crítica superior de 25°C (SALEM et al., adaptado por SILVA, 2000) e da umidade relativa do ar de 75% (KELLY et al., 1984). A entalpia foi calculada pela equação proposta por Barbosa Filho et al. (2007):

$$h = \left\{ 6,7 + 0,243 t + \left(\frac{RH}{100} \right) \times 10^{7,5t/237,3+t} \right\} \times 4,18 \quad (1)$$

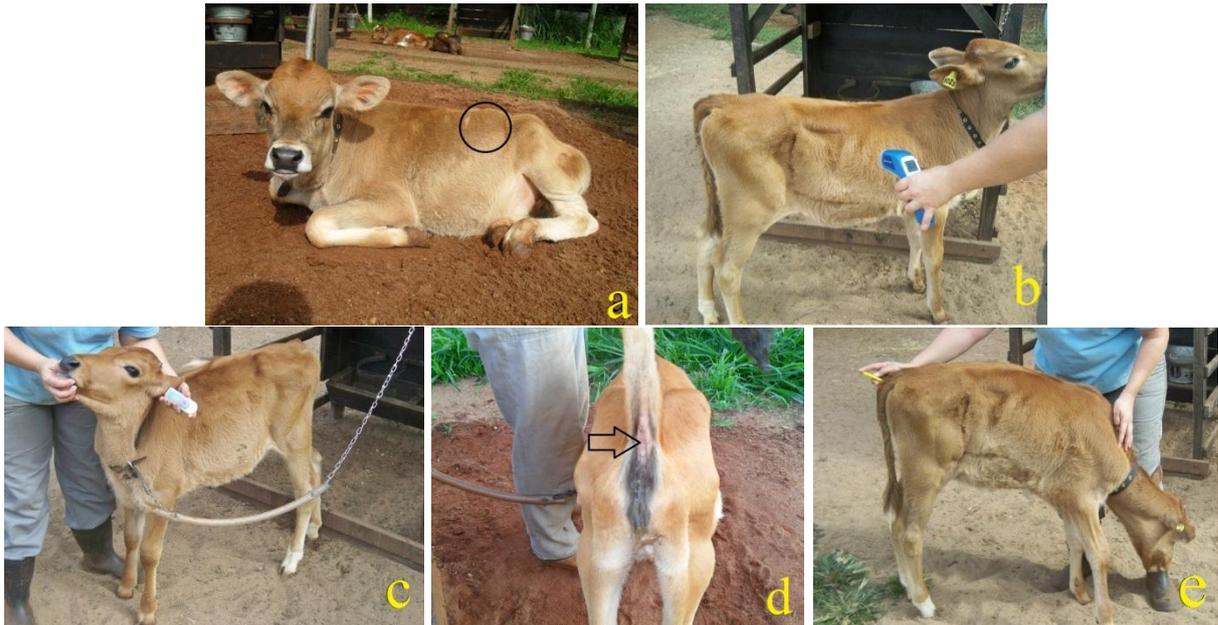


Figura 31. Colheita das variáveis fisiológicas dos animais (a. Frequência Respiratória, b. Temperatura da superfície da pele, c. Temperatura auricular, d. Temperatura caudal, e. Temperatura retal).

9.2.5. Uso da Câmera Termográfica

A distribuição da temperatura superficial dos animais indica a variação de valores entre as partes do corpo, sendo um interessante indicativo da perda de calor e da regulação térmica corporal. A análise de imagens termográficas infravermelho, em que é possível visualizar gradientes de temperatura, tem sido utilizada para identificar eventos fisiológicos em animais e humanos (MONTANHOLI et al., 2008; BOUZIDA et al., 2009), e pode se tornar uma possível ferramenta de análise de temperatura superficial no campo e também de partes específicas do animal.

Para registro das imagens termográficas, foi usada uma câmera termográfica da marca Fluke®, modelo Ti-20, também conhecida como termovisor. O termovisor é uma câmera que capta energia infravermelha (calor) e a converte em sinal eletrônico, produzindo imagens em padrão TV/vídeo, que permitem a visualização de diferenças de temperatura. O objetivo da utilização de imagens infravermelhas é a máxima obtenção de energia ou sinal infravermelho do objeto que se está medindo, como mostrado na Figura 31.

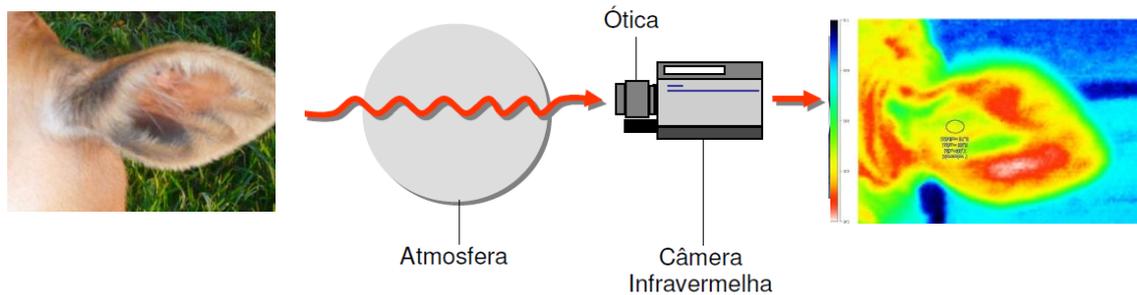


Figura 32. Desenho esquemático do funcionamento da câmera termográfica: emissão de radiação infravermelha da orelha do bezerro, interferência da atmosfera e geração da imagem em infravermelho do objeto (termografia).
Fonte: Junges (2006).

O fato de a radiação ser uma função da temperatura da superfície do objeto torna possível para a câmera calcular e mostrar esta temperatura (KNIZKOVÁ et al., 2007)

Respeitaram-se alguns procedimentos como protocolo, anteriormente à realização do exame termográfico de acordo com Palmer (1981), Turner (2001b) e Von Schweinitz (1999):

- animal livre de dermatopatias;
- limpeza e secagem dos pelos e da pele;
- ambientação do animal ao local do exame por 20 min;
- vedado o uso de sedação ou tranquilização;
- mensuração da temperatura e da umidade do ambiente no ato do exame.

As fotos foram capturadas nos mesmos dias e horários das variáveis fisiológicas, como descrito no item 9.2.4. As partes do corpo fotografadas foram: lateral direita do animal, orelha esquerda e região posterior do animal, sendo que os bezerros deveriam estar com a cauda levantada.

Tanto a temperatura auricular registrada com termômetro auricular como a termografia da orelha foram feitas na orelha esquerda, pois os animais eram brincados na orelha direita, o que poderia causar possíveis inflamações, e assim interferir nas temperaturas registradas.

As temperaturas foram comparadas com as variáveis fisiológicas da seguinte forma: TSP com a foto da lateral direita do animal (TSP foto), TA com a foto da orelha (TA foto), e TC e TR com a foto do posterior do animal (TC foto e TR foto). As fotos foram registradas a uma distância média de 1,5 m e utilizou-se uma coleira de metal para indicar o local e auxiliar na análise das imagens (Figura 32).



Figura 33. Coleta de fotos termográficas.

As fotos foram analisadas no programa Inside IR®, da marca Fluke. As imagens foram identificadas e selecionou-se uma área (comum para todas as fotos), que mostrou as temperaturas máxima, média e mínima da região. Durante a interpretação dos termogramas, os achados foram cuidadosamente analisados, pois pequenas alterações na superfície do animal alteravam seu mapa térmico, como, por exemplo, a presença de sujidades. Tais cuidados foram recomendados por Von Schweinitz (1999) e Turner (2001a) para validação do exame termográfico. Tunley & Henson (2004) também procederam desta forma. Assim, foi necessária a investigação de todos os pontos assinalados na imagem termográfica.

Para a análise, foi utilizada a temperatura média das regiões, e estas foram comparadas com as temperaturas coletadas pelos métodos convencionais (Figura 33). Nessas comparações, não foram utilizadas as medidas de FR.

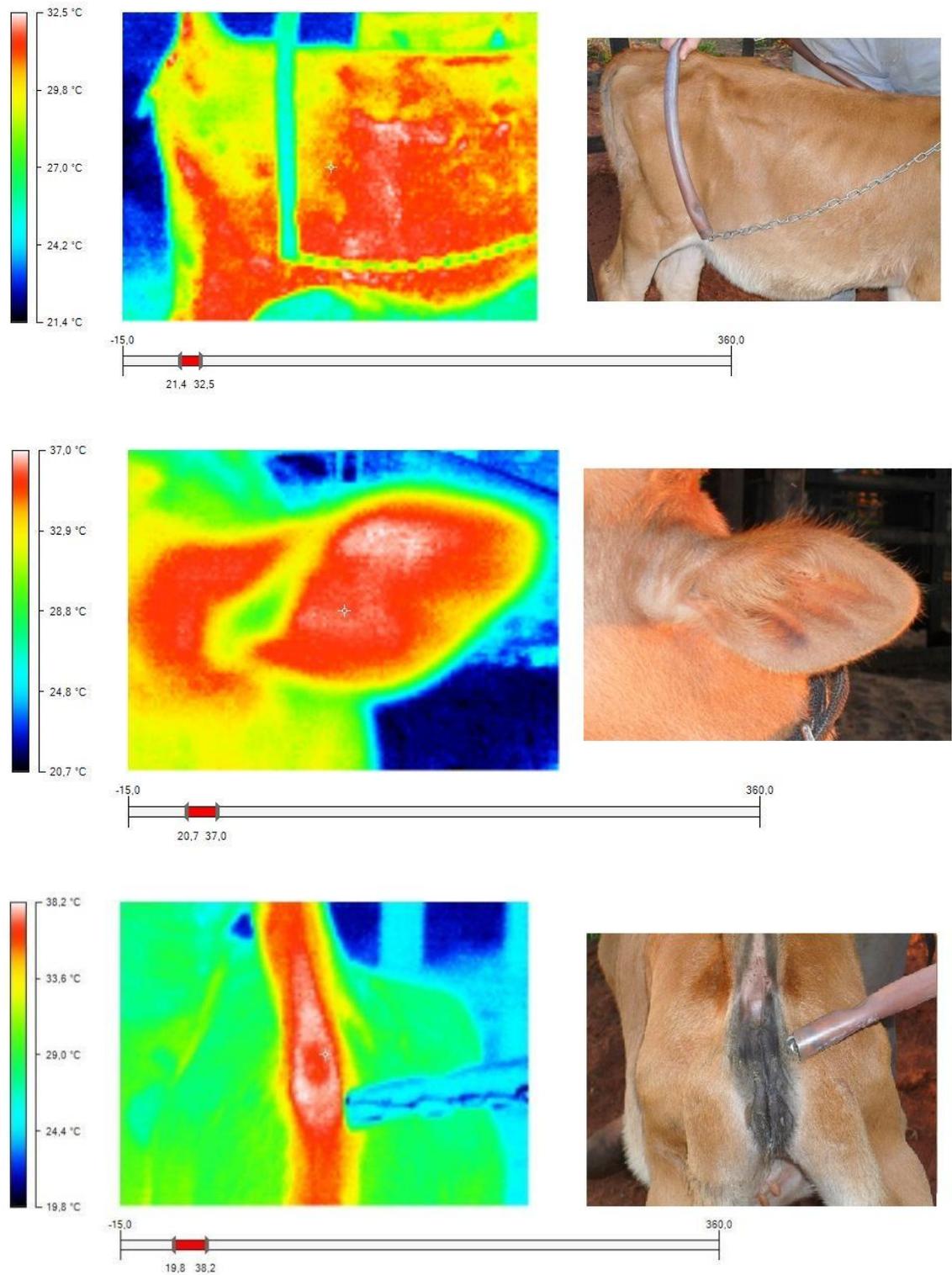


Figura 34. Imagens registradas com o termovisor acompanhadas da palheta de temperatura (°C) e cor, e imagens registradas com uma câmera digital.

9.2.6. Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, compreendidos pelo sexo e pela raça dos animais (macho, fêmea, Jersey e mestiço de Jersey). As análises estatísticas foram realizadas no pacote estatístico SAS Institute (2005), utilizando-se do procedimento de modelos lineares gerais (Proc GLM), o procedimento de correlação (Proc Corr), o procedimento de regressão (Proc Reg), aplicando-se análise de variância, teste F, teste t e análise de regressão.

A análise de regressão linear múltipla foi realizada utilizando-se as variáveis fisiológicas e considerando-se a temperatura auricular proveniente da termografia como variável dependente na referida análise. Efetuou-se a seleção desta variável pelo procedimento de regressão “Stepwise”, e adotou-se a correlação de Pearson (SAMPAIO, 2002).

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Esse coeficiente varia entre valores de -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1, da mesma forma, indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis (SPIEGEL, 1993). A temperatura auricular (TA) foi considerada a variável dependente e, como variável independente, as temperaturas avaliadas na termografia em infravermelho (TA foto, TSP foto, TC foto e TR foto).

O modelo matemático utilizado foi: $Y = \mu + A_i + T_j + B_k + e_{ijk}$, onde A = efeito animal, T = efeito do tratamento, B = efeito do bloco, e = erro.

9.3. Resultados e discussões

Quanto à técnica, o exame termográfico se mostrou de fácil execução e rápido, apesar de ser necessário mais de uma pessoa para a realização do exame, e não ter havido tempo para ambientação dos animais, pois eles já se encontravam no local em que a foto foi registrada. Este procedimento, recomendado por Von Schweinitz (1999) e Turner (2001a), foi contradito por Tunley & Henson (2004), que disseram não haver diferenças significativas no mapa térmico de animais ambientados e não ambientados. Em estudos sobre dor em humanos realizados por Green et al. (1986), a termografia demonstrou especificidade de 95% e sensibilidade de 99%.

Gerken and Barow (1998) investigaram a termografia infravermelha como um método não invasivo e avaliaram as respostas termorregulatórias em animais soltos (gado de corte) no pasto. A termografia infravermelha foi tida como uma ferramenta altamente confiável em condições de campo.

As correlações entre as temperaturas registradas nas colheitas com termômetros digitais e com a câmera termográfica são mostradas na Tabela 16.

Tabela 16. Correlação entre as temperaturas registradas de forma convencional e pelo termovisor.

		Convencional			
		TSP	TA	TC	TR
Termovisor	TSP	0,88	0,83	0,81	0,49
	TA	0,73	0,86	0,79	0,69
	TC	0,74	0,83	0,75	0,64
	TR	0,72	0,83	0,76	0,61

A temperatura retal é 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 (MOTA, 1997). É uma medida altamente confiável, porém invasiva. Por isso, foi observada a maior correlação entre a TR e as temperaturas observadas nas termografias, na última coluna da tabela 15. A maior correlação encontrada foi para a TA foto (0,69; $P < 0,0001$), por isso a regressão foi feita tendo como variável dependente a TA foto (Tabela 17).

Tabela 17. Relações entre as variáveis fisiológicas térmicas (TSP, TA, TC, TR) para bezerros em aleitamento com relação à TA registrada por termovisor.

	R^2	Intercepto	Erro Padrão	TA
TSP	0,53	6,47704	0,07599	0,74525
TA	0,73	-47,20323	0,14164	2,17679
TC	0,62	-14,19806	0,10888	1,28938
TR	0,47	-192,50705	0,65528	5,77449

$$Y = a + bx + bx^2 + \text{erro, onde } a = \text{intercepto, } b = \text{TA}$$

Montanholi et al. (2008) observaram correlações da produção de calor em diferentes regiões do corpo de vacas leiteiras: garupa, abdômen e membros, com 0,71, 0,72, e 0,88 respectivamente, à produção de metano. Determinando assim, que a termografia pode ser aplicada com sucesso para avaliar a produção de calor e de metano gerado em bovinos leiteiros da raça holandesa. Montanholi et al. (2009) observaram correlações elevadas e medianas para características de eficiência alimentar (consumo alimentar residual - CAR) com as medidas de temperatura de diferentes regiões do corpo em bovinos de corte. Estudo recente avaliando conforto térmico e perda de calor em frangos de corte foi realizado por Nääs et al. (2010), verificando-se elevada correlação entre as temperaturas das regiões do corpo do frango por termografia infravermelha com a temperatura ambiente, mostrando que determinadas regiões do corpo do frango respondem a alterações no ambiente do alojamento.

Stewart et al. (2005) recomendaram a termografia infravermelha como um método não invasivo para estudar o bem-estar animal. Confiável, não invasiva, esta ferramenta pode ser usada para medir o estresse agudo e crônico em práticas comerciais e também no pré-abate.

9.4. Conclusão

Conclui-se que a utilização da termografia infravermelha como uma ferramenta de registro de variáveis fisiológicas de bezerros em aleitamento é possível, pois existe uma alta correlação (0,69) da imagem da orelha do animal com a temperatura retal. Através da temperatura auricular colhida na imagem termográfica é possível obter as outras temperaturas.

Assim, este método de colheita pode ser utilizado em trabalhos de bem-estar animal e conforto térmico, em que a intervenção do pesquisador pode alterar resultados.

10. CONCLUSÕES FINAIS

Este estudo mostrou que o programa de suplementação de luz artificial não é recomendado para uso em bezerros em aleitamento, pois não age positivamente no desempenho dos animais, porém, este programa não interfere nos valores das variáveis fisiológicas e no consumo de ração e água dos animais.

O comportamento dos animais é ditado principalmente pelo período do dia, devido ao manejo alimentar e temperaturas ambientes. O programa de suplementação de luz artificial não interferiu no comportamento social dos bezerros.

Também pode-se afirmar que a termografia é uma ferramenta validada para registrar e calcular os valores de variáveis fisiológicas para bezerros em aleitamento, por um método não invasivo, o que leva vantagem sobre o método convencional.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, T.; HEISEY, S.R.; SMITH, M.C.; et al. Thermodynamic techniques for the quantification of regional blood flow. **American Journal of Physiology** v.238, p. 682–96, 1980.

ALCHANATIS, V.Y.; COHEN, Y. S.; COHEN, S. et al. Evaluation of different approaches for estimating and mapping crop water status in cotton with thermal imaging. **Precision Agriculture**, 2009.

ARAÚJO, G.G.L. et al. Ganho de peso, conversão alimentar e características da carcaça de bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.1006-1012, 1998.

AZEVEDO, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

AZEVEDO, M. **Efeitos do verão e do inverno sobre os parâmetros fisiológicos de vacas mestiças Holandês-Zebu, em lactação, na região de Coronel Pacheco, MG**. 2004. 85f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

BACCARI Jr., F. **A temperatura corporal dos bovinos**. *Gado Holandês*, n.51, p.15-19, 1987.

BACCARI Jr., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BACCARI JUNIOR, F.; FRÉ, C.A.; ASSIS, P.S.; GARCIA, E.A. Valores fisiológicos da temperatura retal em vacas holandesas em clima tropical de altitude. In: ENCONTRO DE PESQUISAS VETERINÁRIAS, 1., 1984, Londrina. *Anais...* Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1984. p.15-22.

BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS, 1990, Fortaleza-CE. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-DIE, 1990. p. 9-17.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; SILVA, M.A.N.; VIEIRA, F.M.C.; SILVA, I.J.O. Avaliação Direta e Prática - Caracterização do Ambiente Interno de Galpões de Criação de Frangos de Corte Utilizando Tabelas Práticas de Entalpia. **Avicultura Industrial**, 1144:54–57, 2007.

BIANCA, W. Thermoregulation. In: Hafez, E.S.E. **Adaptation od domestic animals Philadelphia**. Londres: Lea & Fabiger, 1973. Cap. 7, p.97-118.

BIRGEL JÚNIOR, E. H. et al. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, n. 2, p. 164-171, 2001.

BOUZIDA, N., BENDADA, A., MALDAGUE, X.P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, in press, 2009.

BOWERS, S.; GANDY, B.; ANDERSON, P. et al. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. **Theriogenology**, v.72, p.372–377, 2009.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CARVALHO, F.A. et al. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3570-3573, 1995.

CHAERLE, L.; CAENEGHEM, W.V.; MESSENS, E.; et al. Presymptomatic visualization of plant–virus interactions by thermography. **Nature Biotechnology**, v.17, p.813–816, 1999.

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

BODISCO, Y., MANRIQUE, D.; VALLE, A. et al. Tolerancia al calor e humedad atmosférica de vacas Holstein, Pardas Sllizas y Guernesey. *Agronomia Tropical*, v.n, n.3, p. 241-261, 1973.

BROOM, D.M.; FRASER, A.F. **Domestic Animal Behaviour and Welfare**. 4. Ed. Wallingford: ed. CABI, 2007.

BUSTOS MAC-LEAN, P.A. **Sombra artificial e método de fornecimento de concentrado no comportamento e desempenho de bezerros desmamados**. Maringá, 2008. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Maringá, Paraná. 41p. 2008.

CAMPOS, O.F., **Estratégias de utilização do bezerro de rebanhos leiteiros para produção de carne**. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA/CNPGL, (subprojeto - DPD), 1994, 15p.

CANNON, W. B. Bodily in Pain, Hunger, Fear and Range: **An account of recent researches into the function of emotional excitement**. Nova York: Appleton, 1929.

CHEPETE, H.J., XIN, H., 2000. Cooling laying hens by intermittent partial surface sprinkling. **Transaction of the ASAE**, 43: 965-971.

CHUA, B.; COENEN, E.; van DELEN, J. et al. Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.360-364, 2002.

CROWLEY, V.; BARRELL, G.K.; KEELEY, M.J. A split night photoperiod does not mimic effects of a long-day photoperiod on growth in weaner red deer stags. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v.4, p.63-66, 2004.

CUNHA, D.N.F.V. et al. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época chuvosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1140-1146, 2007.

Dahl, G. E., B. A. Buchanan, and H. A. Tucker. 2000. Photoperiod effects on dairy cattle: A review. *J. Dairy Sci.* 83:885–893.

Dahl, G. E., T. H. Elsasser, A. V. Capuco, R. A. Erdman, and R. R. Peters. 1997. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-I. *J. Dairy Sci.* 80:2784–2789.

DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. **The development, nutrition, and management of the young calf**. Ames, Iowa: Iowa State University Press.1998. 339p.

DENOIX, J.M. Diagnostic techniques for identification and documentation of tendon and ligament injuries. *Veterinary Clinics of North America: Equine Pract.*, 2: 365-407, 1994.

Diaz, M. C., M. E. Van Amburgh, J. M. Smith, J. M. Kelsey, and E. L. Hutten. 2001. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105 kilogram body weight. *J. Dairy Sci.* 84:830–842.

DINKEL, C.A., TUCKER, W.L., MARSHALL, D.M. Sources of variation in beef cattle weaning weight. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 70, n. 3, p. 761-769, 1990.

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

DUNLAP, S.E.; VICENT, C.K. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v.32, p.1216-1218, 1971.

EICHER, S.D.; CHENG, H.W.; SORRELLS, A.D. et al. Behavioral and physiological indicators of sensitivity or chronic pain following tail docking. Short communication: **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3047–3051, 2006.

EMBABY, S.; SHAMAA, A.A.; GOHAR, H.M. Clinical assessment of thermography as a diagnostic and prognostic tool in horse practice. **In:** Proc., Inframation 2002, Orlando, USA, 30-36, 2002

EUCLIDES, V.P.B., EUCLIDES FILHO, K., FIGUEIREDO, G.R. et al. Avaliação de desempenho de animais $\frac{3}{4}$ Nelore- Europeu sob três dietas. I. Ganho de peso e conversão alimentar. In: REUNÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994. Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p.67.

Evans, N. M., and R. R. Hacker. 1989. Effect of chronobiological manipulation of lactation in the dairy cow. **J. Dairy Sci.** 72:2921–2927.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. São Paulo: Nova Fronteira. p.687. 1995.

FERREIRA, F. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FLEISS, J.L. 1986. **The Design and Analysis of Clinical Experiments**, Wiley, p. 1– 32.
GARRATT, A. M.; MOFFETT, J. K.; FARRIN, A. J. Responsiveness of Generic and Specific Measures of Health Outcome in Low Back Pain. **Spine**, v.26, n.1, p.71- 77, 2001.

FONSECA, B.P.A. **Termografia e ultra-sonografia no diagnóstico de lesões toracolombares em equinos atletas da raça quarto de milha**. 2005. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FRASER, A.F.; BROOM, D.M. **Farm Animal Behavior and Welfare**. 3 ed. London: Reprinted. CAB International, 2002. 437p.

GEBHARDT, A. Differenzierte einschätzung des wasserversorgungszustandes landwirtschaftlicher kulturen mittels thermografischer luftaufnahmen. **Archiv Acker-Pflanzenbau Bodenkd**, v.34, p.741-748, 1990.

GERKEN, M.; BAROW, U. Methodical investigation into thermoregulation in suckler cows under field conditions. **In: Proc.**, 49th Annual Meeting of EAAP, Warsaw, Poland: 179, 1998.

GOODRICH, R.D.; GARRET, J.E.; GAST, D.R. et al. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Ani Animal Science**, v.58, p.1484, 1984.

GONZÁLES, D.A.; MADRUGA, F.J.; QUINTELA, M.A. et al. Defect assessment on radiant heaters using infrared thermography. **NDT&E International**, v.38, p.428-432,2005.

GRANT, R.J.; ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. **Journal of Animal Science**, California, v.73, n.9,p.2791-2803, 1995.

GREEN, J., COYLE, M., BECKER, C. Abnormal thermographic findings in asymptomatic volunteers. **Thermology**, v.2, p.13-15, 1986.

GREEN, E. M.: Thermography. In: **Equine Medicine and Surgery**. 5th ed. Edited by: Colahan, P. T.; Merrit, A. M.; Moore, J. N.; Mayhew, I. G.; 1333-1340. Mosby, St. Louis, Missouri, 1999.

GUERTIN, G. et al. Effects of photoperiod and feeding whole maize, whole barley, or rolled barley on growth performance and diet digestibility in veal calves. **Livestock Production Science**, v.44, p.27-36, 1995.

GUILIONI, L.; JONES, H. G; LEINONEN, I. et al. On the relationships between stomatal resistance and leaf temperatures in thermography. Short communication: **Agricultural and forest meteorology**, p.148, 2008.

HAHN, G.L.; PARKHURST, A.M.; GAUGHAN, J.B. Carrle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of ASAE**. v.40, n.6, p.97-121, 1997

Hansen, P. J., L. A. Kamwanja, and E. R. Hauser. 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. **J. Anim. Sci.** 57:985–992.

HARPER, D.L. The value of infrared thermography in a diagnosis and prognosis of injuries in animals. **Proc.**, Inframation 2000, Orlando, USA: 115 – 122, 2000.

HEAD, H.H., Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETRIOLOGIA, 1., **Anais...**, Jaboticabal, 1995.

HILSBURG, S.; GOLTENBOTH, R.; EULENBERG, K. Infrared thermography in zoo animals: preliminary experiences from its use in pregnancy diagnosis. In: Proc., 38. Internationalen Symposium über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere, Zurich, Schweiz: 187-190, 1997.

HOFFMAN, P. Optimum body size of Holstein replacement heifers. **Journal of Animal Science**, v.75, p.836-845, 1997.

Houpt, T. R. 1984. Water balance and excretion. In Duke's Physiology of Domestic Animals. 10th ed. M. J. Swenson, ed. Comstock Publishing Co., New York, NY.

J. F. Hurnik, A. B. Webster and S. DeBoer, *J Anim Sci* 1985. 61:1095-1102.

An Investigation of Skin Temperature Differentials in Relation to Estrus in Dairy Cattle Using a Thermal Infrared Scanning Technique

IGONO, M.G.; STEEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D. et al. Spray cooling effects on milk production, milk and rectal temperatures of cows during a moderate temperature summer season. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.979-985, 1985.

INGRAHAM, R.H.; STANLEY, R.W.; WAGNER, W.C. Seasonal effects on shade and nonshade cows as measure by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone and milk production. *Am. J. Vet. Res.*, v.40, p.1792-1797, 1979.

JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. 417 p.

JONES, H. G. Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. **Plant, Cell and Environment**, v.22, p.1043–1055, 1999.

JONES, H. G. Use of infrared thermography for estimation of stomatal conductance in irrigation scheduling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.95, p.135–149, 1999.

JONES, M.; DENSON, A.; WILLIAMS, E. et al. Assessing pregnancy status using digital infrared thermal imaging in Holstein dairy heifers. **Journal Animal Science**, v.83, Suppl., n.40, 2005.

JUNGES, D. Aditivo microbiano na silagem de milho em diferentes tempos de armazenamento e avaliação da estabilidade aeróbia por termografia em infravermelho. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2010.

KASTELIC, J.P. et al. Novos métodos da capacidade reprodutiva de touros. Embrapa Pecuária Sudeste. Anais de congresso ALICE. 13/03/1998. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/44082>>. Acesso: 10/01/2012

KAWABATA, C.Y.; CASTRO, R.C.; SAVASTANO JR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.25, n.3, p.598-607, set./dez. 2005

KELLY, T.G.; DODD, V.A., RUANE, D.J., FALLON, R.J.; TUITES, P.J. Na assessment of the influence of some housing designs and environmental factors on calf performance. **Journal Agricultura Engineering Research**, v.30, p. 175-184, 1984.

Kertz, A. F., L. F. Reutzel, and J. H. Mahoney. 1984. Ad libitum water intake by neonatal calves and its relationship to calf starter intake, weight gain, fecal score, and season. **J. Dairy Sci.** 76:2964–2969.

KNÍŽKOVÁ, I. et al. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of Faculty of Agriculture**, v.22, n.3, p.329-336, 2007.

Knizkova, I, Mala, G., Kunc, P., Knizek, J., 2005. Resistance of early postnatal lambs from four genetic types to cold environment and rain. In: Proc., XIIth Internatioanl Congress ISAH, Warsaw, Poland: 271- 273. 2005

Leaver, J. D., and N. H. Yarrow. 1972. Rearing of dairy cattle. 2. Weaning calves according to their concentrate intake. *Anim. Prod.* 14:161–165.

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

LEME, T.M.C. 2009. **Métodos de transporte e períodos de descanso pré-abate sobre nível de estresse e qualidade de carne de ovinos.** 96f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

LEME, T.M.S.P.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S.; ALVIM, M.J.; AROEIRA, L.J.M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 669-675, 2005.

Lessiter, F.: Thermal imaging pinpoints "hot" hoof concerns. *J. Am. Farriers.*, 24: 53-59 (1998).

LITTLE, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. 2005 *SAS for Mixed Models, Second Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

LOBATO, J.F.P.; ZANOTTA JÚNIOR, R.L.D.; PEREIRA NETO, O.A. Efeitos das dietas pré e pós – parto de vacas primíparas sobre o desenvolvimento dos bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.863-867, 1998.

LOBATO, J.F.P. Sistemas intensivos de produção de carne bovina. 1. Cria . In: Simpósio sobre a pecuária de corte (4: 1996: Piracicaba). Eds A.M. Peixoto, J.C. Moura, V.P. de Faria. *Anais...* Piracicaba, São Paulo: FEALQ/ ESALQ: Piracicaba, 1997. p. 161-204.

Loughmiller, J.A., Spire, M.F., Dritz, S.S., Fenwick, B.W., Hosni, M.H., Hogge, S.B., 2001. Relationship between mean surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Actinobacillus pleuropneumonia*. *Am.J.Vet.Res.*, 62: 676-681.

LOVETT, K.R.; PACHECO, J.M.; PACKER, C. et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. **The Veterinary Journal**, p.317–324. 2009.

LUCCI, C. de S. *Bovinos leiteiros jovens*. São Paulo: Nobel, Editora da USP, 1989, 371p.

LUDTKE, C.B. **Bem-estar animal no transporte e a influência na qualidade da carne suína**. 2008. p.68. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MAGALHÃES, J.A. et al. Tolerância de bovídeos à temperatura e Umidade do trópico úmido. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.2, n.2, p.162-167, 2000.

MAGALHÃES, J.A.; TAKIGAWA, R.M.; TAVARES, A.C.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Determinação da tolerância de bovinos e bubalinos ao calor do trópico úmido. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.70-2.

Mala, G., Knizkova, I., Kunc, P., Matlova, V., Knizek, J., 2004. Resistance of early postnatal lambs from two genetic types to cold environment and rain. *Ann.Anim.Sci.*, 1: 169-171.

MARAI, I.F.M.; HABEEB, A.A.M.; FARGHALY, H.M. Productive, physiological and biochemical changes in imported an locally born Holstein lactating cows under hot summer conditions of Egypt. **Trop. Anim. Health Prod.**, v.31, p.233-243, 1999.

MARKEL, A.L.; VAINER, B.G. Infrared thermography in diagnosis of breast cancer (review of foreign literature). **Terapevticheskii Arkhiv**, 77: 57-61, 2005.

MARTELLO, L.S. Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

MARTELLO, L.S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**. 2006. 113f. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia.,Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

MARTELLO, L.S. et al. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.263-273, 2004.

MARTIN, P; BATENSON, P. **Measuring behavior**: an introductory guide. Cambridge: Cambridge University Press, 2.ed. , 2005.

MCBRIDE, G., AND J. W. JAMES. 1964. Social behaviour of domestic animals IV. Growing pigs. **Animal Production**. 6:129.

MCDOWELL, R.E. *Improvement of livestock production in warm climates*. San Francisco: W.H. Freeman, 1974. 711 p.

McDOWELL, R.E.; LEE, D.H.K.; FOHRMAN, M.H. The measurement of water evaporation from limited areas of a normal body surface. **Journal of Animal Science.**, v.17, p.405-420, 1958.

McFARLAND, D. **Animal behaviour: psychobiology, ethology and evolution**, 3. ed. [S.I.]: Prentice Hall, 1999. p.259-307.

MEDICAL MONITORING SYSTEMS, Pty Ltd. Operating Instructions for the vet 2000 and Manual of Equine Thermography. **Meditherm**, 1999.

MELLACE, E.M. **Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto**. 2009, 96 p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MERLOT, S.; MUSTILLI, A.C.; GENTY, B. et al. Use of infrared thermal imaging to isolate *Arabidopsis* mutants defective in stomatal regulation. **The Plant Journal**, v.30, p.601–609, 2002.

Metz-Stefanowska J., 1987. Productivity aspects of keeping dairy cow and calf together in the post-partum period. Livest. Prod. Sci. 16, 385-394.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: Implications for Animal Welfare In: MOBERG,G.; MENCH,J.A. **The Biology of Animal Stress**: Basic Principles and Implications for Animal Welfare. Davis, University of California, p.1-22, 2000.

MONTANHOLI, Y.R.; ODONGO, N.E. et al. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle *Bos taurus*. **Journal of Thermal Biology**. v.33, p.468-475, 2008.

MONTANHOLI, Y.R.; SWANSON, K.C.; SCHENKEL, F.S. et al. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, v.125, p.22-30, 2009.

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

MORISSE, J.P.; HUONNIC, D.; COTTE, J.P.; et al. Relation between introducing solid feed and welfare of veal calves. Study on three groups of 21 black pied calves. *Point Veterinaire*.v.24,n.184,p.1385-1387, 1997.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**. Sulina. Porto Alegre. p.82-116.1989.

MULLER, C.J.; BOTHA, J.A. Effect of summer climatic conditions on different heat tolerance indicators in primiparous Friesian and Jersey cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.23, p.98-103, 1993.

MULLER, C.J.; BOTHA, J.A.; COETZER, W.A. et al. Effect of shade on various parameters of Friesian cow in a Mediterranean climate in South Africa. 2: Physiological responses. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.24, p.56-60, 1994a.

Murphy, M. R. 1992. Water metabolism of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 75:326–333.

NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; NEVES, D.P. et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba Brazil, v.67, n.5, p.497-502, sep-oct. 2010

NIKKHAH, A.; PLAIZIER, J. C.; EINARSON, M. S. et al. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. Short communication: **Journal of Dairy Science**, v.88, p.2749–2753. 2005.

NIWIŃSKA B., STRZETELSKI J.A., 2004. Effects of type of liquid feed and feeding frequency on calf performance. *J. Anim. Feed Sci.* 13, Suppl. 1, 167- 170.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th. rev. ed. National Acad. Sci. Washington, DC.

NUSSIO, C.M.B. et al. Processamento de milho (floculado vs. laminado a vapor) e adição de monensina para bezerras leiteiras, pré e pós-desmama precoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.229-239, 2003.

OKANTAH, S.A.; AGGREY, S.E.; AMOAKO, K.J. The effect of diurnal changes in ambient temperature on heat tolerance in some cattle breeds and crossbreeds in a tropical environment. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, v.41, p.33-38, 1992.

OMASA, K.; TAKAYAMA, K. Simultaneous measurement of stomatal conductance, non-photochemical quenching, and photochemical yield of photosystem II in intact leaves by thermal and chlorophyll fluorescence imaging. **Plant and Cell Physiology**.v.44, p.1290–1300, 2003.

OSBORNE, V.R. et al. Effects of photoperiod and glucose-supplemented drinking açwater on the performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.11, p. 5199-5207, 2007.

PAES, P. R.; BARIONI, G.; FONTEQUE, J. R. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos fêmeas da raça Parda Alpina de diferentes faixas etárias. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 6, n. 1, p. 43-49, 2000.

PALMER, S.E. Use of the portable infrared thermometer as a means of measuring limb surface temperature in the horse. **Am. J. Vet. Res.**, v.42, p.105- 108, 1981.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de etologia**. 2000.

PASSILLÉ, A.M. et al. The impact of the nonpeptide corticotrophin-releasing hormone antagonist antalarmin on behavioral and endocrine responses to stress. **Endocrinology**, v.149, p.79-86, 1995.

PEREIRA, A.F.; ALVES, A.; MIRA, M.; ROQUETE, C.; TITTO, E.A.L.; BACCARI Jr., F. Influência da existência de sombra no comportamento e desempenho produtivo de bezerros da raça Limousin em confinamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, II., 1998, Goiânia, **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 354-360.

PERISSINOTO, M. et al. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.663-671, set./dez., 2006.

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

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo *freestall* para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 140f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PETERS, R. R., L. T. CHAPIN, R. S. EMERY, AND H. A. TUCKER. 1980. Growth and hormonal response to various photoperiods. *J. Anim. Sci.* 51:1148–1153.

PETITCLERC, D., L. T. CHAPIN, R. S. EMERY, AND H. A. TUCKER. 1983. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 57:892–898.

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES. RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 2., 2000, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2000. p. 87-105.

PIRES, M.F.A. et al. Efeito das estações (inverno e verão) na temperatura retal e frequência respiratória de vacas Holandesas confinadas em *free-stall*. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.50, p.747-752, 1998b.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livstock Prod. Sci.**, v.67, p.1-18, 2000.

PRYTZ, G.; FUTSAETHER, C. M.; JOHNSON, A.; Thermography studies of the spatial and temporal variability in stomatal conductance of *Avena* leaves during stable and oscillatory transpiration. **New Phytologis**, v.158 p.249–258, 2003.

QUATERMAIN, A. R.; BROANBENT, M. P. Some patterns of response to climate by the Zambian goat.

East African Agricultural and Forestry Journal, p. 115-124, July, 1974.

QUIGLEY III, J.D. Feeding prior to weaning. In: CALVES, HEIFERS AND DAIRY PROFITABILITY NATIONAL CONFERENCE, 1996, Pennsylvania. **Proceedings...** Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service Cooperative Extension, 1996b. 375p.

RAMIREZ, J.L.V. El uso de la termografía em equinos como herramienta complementaria de diagnóstico. Publicado 12/09/2006. Acesso em: 10/01/2012. Disponível em: <<http://www.engormix.com/MA-equinos/sanidad/foros/articulo-uso-termografia-equinos-t6292/165-p0.htm>>.

ROBINSON, E.N. Termorregulação. In: CUNNINGHAM, J.G. *Tratado de fisiologia veterinária*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. cap.51, p.427-435.

ROMA JUNIOR, L.C. **Cobertura de fibrocimento e sistema de climatização: influência no desempenho de vitelos mestiços e da raça holandesa**. 2004. 100 p. (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, Brasil.

RIUS, A. G., E. E. CONNOR, A. V. CAPUCO, P. E. KENDALL, T. L. AUCHTUNG-MONTGOMERY, AND G. E. DAHL. Long-day photoperiod that enhances puberty does not limit body growth in Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**. 88:4356–4365, 2005.

RIUS, A. G., AND G. E. DAHL. 2006. Exposure to long-day photoperiod prepubertally may increase milk yield in first-lactation cows. *J. Dairy Sci.* 89:2080–2083.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2.ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.

SCHILLO, K. K., J. B. HALL, AND S. M. HILEMAN. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70:3994–4005.

SCHILLO, K. K., P. J. HANSEN, L. A. KAMWANJA, D. J. DIERSCHKE, AND E. R. HAUSER. 1983. Influence of season on sexual development in heifers: Age at puberty as related to growth and Plasma concentrations of gonadotropins, prolactin, thyroxine and progesterone. *Biol. Reprod.* 28:329–341.

SCHMIDT, S.; BOWERS, S.; GRAVES, K.; et al. Use of infrared thermography to assess thermal temperature gradients and pathologies of the bovine claw. **Journal Animal Science**, v.81, Suppl 1., p.323-2003.

SCHAEFER, A.L.; COOK, N.; TESSARO, S.V. et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian Journal of Animal Science**, v.84, p.73–80, 2004.

SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; CHURCH, J.S.; et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**, v.83, p.376–384, 2007.

SCHAEFER, A. L.; DUBESKI, J. P. L.; ALHUS, A. et al. Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations. **Journal Animal Science**, v.79 Suppl., 2001.

SCHWARTZKOPFGENSWEIN, K.S., STOOKEY, J.M., 1997. The use of infrared thermography to assess inflammation associated with hot-iron and freeze branding in cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 77: 577-583.

SILVA, R.G. **Introdução a Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, p.286. 2000.

SILVA, Y.M., SANTOS, D.C., SALES, L.A. et al. Comportamento produtivo e fisiológico de bovinos 5/8 holando-zebu no semiárido pernambucano. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TROPICOS, 1., 1986, Fortaleza. Anais ... Brasília: Embrapa, 1990. p.114-115.

SILVA, R.M.N. et al. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça sindi no semi-árido. **Ciência Agrotécnica**, Lavras – MG, v.29, n.1, p.193-199, jan/fev. 2005

SOTA, R. L. de la et al. Efficacy of a timed insemination program in dairy cows during summer heat stress. **Journal Animal Science**, Champaing, v. 74, p. 133, 1996. Supplement 1.

SOUZA, B. B. et al. Comportamento fisiológico de ovinos deslanados no semi-árido expostos em ambiente de sol e em ambiente de sombra. **Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 2, p. 1-7, 1990.

SOUZA, B.B. et al. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça sindi no semi-árido paraibano. **Ciência Agrotécnica**, Lavras – MG, v.31, n.3, p.883-888, mai/jun., 2007.

Speakmen, J.R., Ward, S., 1998. Infrared thermography: Principle and applications. *Zoology*, 101: 224-232.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. Tradução: CONSENTINO, P. ed 3. São Paulo: Makron *Books* (coleção Schaum). 1993.

Spruyt, P., Ghafir, Y., Art, T., Lekeux, P., 1995. La thermographie infrarouge dans l'étude de la thermoregulation. *Revue de la literature. Ann. Med. Vet.*, 139: 413-418.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - S.A.S. **Sas statistic guide for personal computers**. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 2005

STEWART, M. Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography. Tese. **Animal Science**. Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2008.

STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; SCOTT, S.L. Infrared thermography as a noninvasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, 14: 319-325, 2005.

STÖBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral. In: DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. *Exame clínico dos bovinos*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. cap.2, p.44-80.

STOBER, M. Identificação, anamneses, regras básicas de técnicas do exame clínico geral. In:

TEIXEIRA, P.P. **Ritmo circadiano do cortisol, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) como indicadores de estresse no periparto de éguas da raça quarto de milha**. 2005. 91p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

TERRA, R.L. História, exame físico e registro dos ruminantes. In: SMITH, B.P. *Tratado de medicina interna dos grandes animais*. São Paulo: Manole, 1993. v.1, cap.1, p.3-15.

TITTO, E.A.L. Teste de tolerância ao calor em novilhos nelore e marchigiana. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, v.5 (1), p.67-70. 1998.

Toullec, R., and P. Guilloteau. 1989. Research into the digestive physiology of the milk-fed calf. Pages 37–55 in *Nutrition and Digestive Physiology in Monogastric Farm Animals*. E. J. Van Weerdon and J. Huisman, ed. Pudoc, Wageningen, the Netherlands.

TOMKINS, T.; SOWINSKI, J.S.; DRACKLEY, J.K. et al. The influence of protein level in milk replacers on growth and performance of male Holstein calves. II. All milk protein milk replacer fed in conjunction with calf starter. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.233, 1995. (Abstr.)

Tucker, H. A., D. Petitclerc, and S. A. Zinn. 1984. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. *J. Anim. Sci.* 59:1610–1620.

TUNLEY, B.V., HENSON, F.M.D. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. **Equine Vet. J.**, v.36, n.4, p.306-312, 2004.

TURCO, S. H. N. et al. Temperatura retal e frequência respiratória de bovinos da raça Sindi do Semi-árido Brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1990, Porto Alegre-RS. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1990. Disponível em: <http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepage_sbz/Bio.htm>. Acesso em: 2 fev. 1999.

TURNER, T.A. Use of thermography in lameness evaluation. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 44, 1998, Baltimor. **Proceedings...** Maryland, 1998. p.224- 226.

TURNER, T.A. Diagnostic thermography. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v.17, p.95-113, 2001a.

TURNER, T.A., PANSCH, J., WILSON, J.H. Thermographic assesment of racing thoroughbreds. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF

EQUINE PRACTITIONERS, 47, 2001, San Diego. **Proceedings...** California, 2001b. p.344-345.

TURNER. T. A.: Uses and limitations of thermography. *Pferdeheilkunde*, 12. 684-685. (1996).

VILELA, R.A. **Comportamento e termorregulação de vacas Holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre.** 2008. 87f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

VON SCHWEINITZ, D.G. Thermographic diagnostics in equine back pain. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v.15, p.161-178, 1999.

WANG, Y.; HOLROYD, G.; HETHERINGTON, A. M. et al. Seeing ‘cool’ and ‘hot’—infrared thermography as a tool for non-invasive, high-throughput screening of arabidopsis guard cell signaling mutants. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.1187–1193, 2004.

WEIL, M., LITZKE, L.F., FRITSCH, R. Diagnostische Aussagekraft der thermographie bei lahmheiten des pferds. **Tierärztl Prax.**, v.26, p.346-354, 1998.

WISNIEWSKI, M.; LINDOW, S.E.; ASHWORTH, E.N. Observations of ice nucleation and propagation in plants using infrared video thermography. **Plant Physiology**, v.113, p.327–334, 1997.

WOLFF, L.K.; MONTY, D.E. Physiologic responses to intense summer heat stress and its effect on the estrous cycle of non-lactating and lactating Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.*, v.35, p.187-192, 1974.

YANG, S.Y.; HAYASHI, T.; HOSOKAWA, M. et al. Leaf temperature drop measured by thermography and occurrence of leaf browning injury in Saintpaulia. **Environment Control in Biology**, v.41, p.265–270, 2003.

YANG, W.; YANG, P.P.T. Literature survey on biomedical applications of thermography. **Bio-medical Materials and Engineering**, 2: 7-18, 1992.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock.** Boca Raton: CRC, 1985. 217 p.