

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

***AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VENTILAÇÃO E ASPERSÃO EM
COBERTURAS DE SOMBRITE PARA
VACAS EM LACTAÇÃO***

Irineu Arcaro Júnior
Zootecnista

Orientadora:
Prof^a. Irenilza de Alencar Nääs

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia Agrícola da Universidade
Estadual de Campinas, para a obtenção
do título de **Doutor em Engenharia
Agrícola**, Área de Concentração
Construções Rurais e Ambiência

Campinas, SP
Março de 2000

Aos meus pais

***Irineu e Iracema** ("in memorian") por terem me ensinado a lutar
por um ideal, sempre com Deus no coração e esperança no
amanhã*

*À minha irmã **Maria Elisa** ("in memorian")
dedico.*

*À minha esposa **Juliana** e aos
meus filhos **Nathália**,
Adriana ("in memorian")
e **João Guilherme**,
ofereço.*

À Prof^ª. **Dra . Irenilza de Alencar Nääs,**
pelo incentivo, dedicação e orientação na execução deste
trabalho. Pesquisadora ímpar, da mais alta competência
profissional, por quem tenho profunda admiração e com
quem tive o privilégio de compartilhar desta conquista.

Ao **Instituto de Zootecnia**, pela liberação para cursar o doutorado e pela cessão dos animais e instalações utilizados neste trabalho.

À **Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP**, Departamento de Construções Rurais, pela oportunidade de cursar a Pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

Aos professores da **Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP** pelos ensinamentos.

À pesquisadora **Juliana Rodrigues Pozzi Arcaro** do Centro de Nutrição e Alimentação Animal, pela valiosa colaboração.

As minhas amigas **Kelly Botigeli Sevegnani, Yamilia Barrios e Maria Eugenia Aradas** pela amizade e companheirismo.

Ao colega **Jean Eduardo de Oliveira** pela realização das análises estatísticas e interpretação dos dados.

Aos funcionários **Edmar Rodrigues Dagrela e Luis Fernando Petri** pela coleta dos dados de campo

Aos funcionários **Dercílio R. Silva, Antonio C. Mazieri, Paulo Almussa, Ana Maria Baião, Antonio D. Olivato, Creusa M. S. Dagrela, Tereza L. Oliveira, Antonio C. Rosa e João H. Lauro**, pela dedicação e presteza na realização dos serviços diários.

Especialmente a **Deus** por ter me proporcionado vencer mais essa etapa de minha vida.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURA	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE QUADROS	XI
RESUMO	XIII
SUMMARY	XV
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. <i>Influência do meio ambiente na produção animal</i>	5
3.2. <i>Zona de conforto térmico</i>	7
3.3. <i>Índices de conforto térmico</i>	12
3.4. <i>Efeitos do estresse térmico sobre o consumo de alimentos, água, produção e composição do leite</i>	15
3.5. <i>Formas artificiais de redução dos efeitos do meio ambiente na produção animal.</i>	16
3.5.1. <i>Proteção da radiação solar</i>	18
3.6. Métodos de controle de temperatura	Erro! Indicador não definido.
3.6.1 <i>Ventilação e aspersão</i>	Erro! Indicador não definido.
4. MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1 TRATAMENTOS	43
4.1.1. <i>Sombras</i>	44
4.1.2. <i>Sombras + Ventilação</i>	44
4.1.3. <i>Sombras + Ventilação + Aspersão</i>	46

4.2 ANIMAIS	50
4.3 ALIMENTAÇÃO	50
4.4 MANEJO	53
4.5. PARÂMETROS AVALIADOS	53
4.5.1 <i>Produção e composição do leite</i>	53
4.5.2. <i>Parâmetros fisiológicos</i>	53
4.5.3 <i>Parâmetros meteorológicos</i>	55
4.6 Análise Estatística	57
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1 <i>Análise estatística dos valores resultantes da interação ambiente x horário.</i>	59
5.2 <i>Análise estatística dos valores relativos aos parâmetros frequência respiratória, cardíaca e temperatura retal</i>	71
5.3 <i>Análise Estatística dos valores relativos à produção de leite</i>	77
5.4 <i>Análise Estatística dos valores relativos à porcentagem de gordura do leite</i>	81
6.CONCLUSÕES	83
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Zonas de tolerância e conforto térmicos	8
2	Formas de perdas de calor em bovinos.....	11
3	Esquema do desempenho do resfriamento adiabático, mostrado pelo gráfico psicométrico....	32
4	Croquis de localização do experimento, sem escala.....	43
5	Sombra simples sem nenhum recurso de ventilação forçada.....	44
6	Sombra com ventilador axial.....	45
7	Ventilador axial utilizado no tratamento 2	46
8	Sombra com ventilação acoplada a nebulização..	47
9	Aspersor ventilador utilizado no tratamento 3.....	48
10	Aspersor ventilador – vista posterior.....	48
11	Abrigo Meteorológico	50
12	Vacas se alimentando no cocho durante experimento	52
13	Vacas se alimentando no cocho durante experimento	52
14	Equipamentos para medidas de temperatura retal, frequência cardíaca e respiratória.....	55
15	Equipamentos utilizados para as medidas climatológicas nos tratamentos – termômetro de bulbo negro e termo higrômetro	56
16	Representação gráfica dos valores de F, resultantes do desdobramento da interação AxH para o parâmetro temperatura de bulbo seco.....	67

17	Representação gráfica dos valores de F, resultantes do desdobramento da interação AxH para o parâmetro umidade relativa.....	68
18	Representação gráfica dos valores de F, resultantes do desdobramento da interação AxH para o parâmetro temperatura de globo negro ...	69
19	Valores médios da carga térmica radiante (W).....	70
20	Representação gráfica dos valores de F, relativos aos tratamentos com relação ao parâmetro frequência respiratória.....	74
21	Representação gráfica dos valores de F, relativos aos tratamentos com relação ao parâmetro frequência cardíaca.....	75
22	Representação gráfica dos valores de F, relativos aos tratamentos com relação ao parâmetro temperatura retal.....	76
23	Representação gráfica dos valores médios dos tratamentos relativos à produção de leite nos períodos da manhã, tarde e produção total do dia.....	80
24	Representação gráfica dos valores médios dos tratamentos relativos à % de gordura.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabelas		Página
1	Taxas de evaporação em bovinos	10
2	Produção de calor latente e calor sensível, em diferentes temperaturas (ASAE,1996).....	21
3	Características de ventiladores axiais.....	30
4	Variação da produção de leite dos rebanhos, em função do sistema de climatização do ambiente (FRAZZI,1998).....	34
5	Resumo dos resultados de testes de resfriamento por aspersão e ventilação em vacas leiteiras.....	40
6	Composição bromatológica dos alimentos concentrados e volumosos em base seca.....	51
7	Composição percentual dos concentrados- Nova Odessa 1999.....	51

Quadros	LISTA DE QUADROS	Paginas
1	Quadro de análise de variância para os parâmetros produção e composição do leite.....	57
2	Quadro de análise de variância para os parâmetros frequência respiratória, cardíaca e temperatura retal.....	58
3	Quadro de análise de variância para os parâmetros temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro.....	58
4	Quadro de valores médios para os parâmetros ambientais (TBS, UR e TG).....	59
5	Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da interação AxH para as 8:00 h.....	60
6	Quadro os valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da interação AxH para as 11:00 h.....	61
7	Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da interação AxH para as 14:00 h.....	63

8	Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da interação AxH para as 17:00 h.....	64
9	Valores médias da carga térmica radiante (W).....	66
10	Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação aos dados fisiológicos para o período da manhã.....	71
11	Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação os dados fisiológicos para o período da tarde.....	72
12	Quadro dos valores médios de produção de leite nos períodos de manhã e tarde , e total para os tratamentos.....	77
13	Valores médios de THI para os tratamentos.....	79
14	Quadros dos valores médios de percentagem de gordura para os tratamentos.....	81

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VENTILAÇÃO E ASPERSÃO EM SISTEMAS DE SOMBREAMENTO PARA VACAS EM LACTAÇÃO

Autor: Irineu Arcaro Júnior.
Orientador: Prof^a. Dra. Irenilza de Alencar Naas.

RESUMO

A produção de leite no Brasil passa hoje por uma grande transformação, em virtude da nova realidade econômica mundial, com adoção de modernas tecnologias, visando o crescimento substancial da produtividade. Quando se observam as granjas, freqüentemente depara-se com instalações inadequadas às condições climáticas predominantes na maior parte do país, os quais acarretam às vacas uma somatória de elevada temperatura do ar a grande quantidade de calor endógeno por elas produzido. Nestas condições, onde muitas vezes nem a simples sombra está disponível, desenvolve-se, nos animais, o estresse calórico, o qual em última instância, diminui a produção de leite. Para amenizar os efeitos deletérios do ambiente tropical, há necessidade de melhor entender as relações entre os elementos climáticos e a fisiologia animal.

O presente trabalho foi desenvolvido na Estação Central do Instituto de Zootecnia, localizada em Nova Odessa, S.P., e teve por objetivo avaliar três diferentes métodos físicos destinados a promover a redução do estresse calórico em vacas em lactação. Os tratamentos testados foram: sombras artificiais produzidas por tela de propileno 80%; sombras idênticas às anteriores, acrescidas

de ventilação forçada, e sombras combinando ventilação e aspersão. Para tanto, foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa e 6 da raça Pardo Suíça, distribuídas dentro dos tratamentos de acordo com idade, ordem de parição e produção de leite. O experimento teve a duração de 180 dias, sendo realizado durante o período de outono. Os parâmetros avaliados foram: produção e composição do leite, índice de temperatura e umidade (THI), temperatura retal, frequência respiratória, frequência cardíaca e parâmetros meteorológicos do ambiente. Os parâmetros meteorológicos coletados dentro de cada abrigo foram a temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro. Foram coletados, ainda, os dados meteorológicos do local. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se para tanto o Software S-Plus 4.5. Foram encontradas diferenças significativas nos valores da produção de leite, sendo que o tratamento com sombra + ventilação + aspersão apresentou a melhor média (20,53 kg), seguido de sombra + ventilação (19,19 kg) e sombra (18,20 kg). Pela avaliação dos dados ficaram evidentes os benefícios do uso de sombras artificiais e dos equipamentos utilizados.

Author: Irineu Arcaro Junior
Adviser: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Naas

SUMMARY

Milk production in Brazil has been transformed due to the new world's economical perspective when new technology has been adopted by the producers in order to improve productivity. Observing the milking farms often it is found inadequate housing for tropical climatic conditions dominant in the major area of the country, leading to high environmental temperature nearby the cows lodging that added to their natural heat production increases the overall heat available in the environment. Sometimes not even there is a single shade available exposing the animals to direct solar radiation and consequently heat stress and reduction in milk production. To minimize the negative effect of the tropical environment in the milking cows it is necessary to understand the relationships between the animal exposed to heat stress and its physiological response. This present research was carried out at the Estação Central do Instituto de Zootecnia, at Nova Odessa, S.P. and has the objective to evaluate three different types of milking cows lodging in open field, as shade. The tested treatments were: 1) artificial shade using a propylene screen 80% direct solar radiation reduction; 2) the same shade using a fan of 0.5 HP; and 3) the same shade structure using a fan 0.5 HP associated to fogging system. Eighteen milking cows were used in the treatments been 12 Holstein cows and 6 Brown Swiss equally distributed in the treatments according to their age and milk production level. The experiment has a length of 180 days starting on May 99. The parameters analyzed were: Milk production and quality;

Body temperature, respiratory frequency, and cardiac frequency; Environmental parameters measured were dry bulb, black globe temperature and relative humidity, collect in each treatment and at a meteorological station nearby. The statistical package Software S-Plus 4.5 was used for evaluating the results. The results showed that the best treatment was the shade using forced ventilation associated to fogging system.

1.INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o rebanho leiteiro brasileiro tem passado por um processo de especialização da produção de leite, seja através da importação de animais de linhagens superiores, do uso das técnicas de inseminação artificial e transferência de embriões, e de melhorias na alimentação e no estado sanitário dos animais.

Este processo adquiriu uma velocidade inesperada para a nossa realidade, transformando rapidamente o setor leiteiro . Com isto, muitas granjas leiteiras utilizam cada vez mais vacas de alto potencial genético para a produção de leite, as quais, obviamente, possuem metabolismo elevado, com produção de maior quantidade de calor endógeno (TITTO et al., 1998).

Dessa maneira o que pode-se observar é que houve uma grande intensificação da atividade leiteira no país, bem como uma luta incessante por parte do produtor para se manter dentro da atividade, devido ao fato de que o setor leiteiro sofreu uma grande abertura com o advento do Mercosul. Essa abertura facilitou a entrada de produtos lácteos com preços menores devido ao menor custo de produção no país de origem. Em resposta à entrada de produtos importados, o que se observou foram mudanças dentro da estrutura produtiva brasileira, além da abertura de novas áreas de produção, como é o caso do Estado de Goiás.

Dentro da nova política leiteira que se desenvolveu foi privilegiado o aparecimento da economia de escala, pois com uma baixa lucratividade por litro de leite o produtor deverá ter uma produção de leite em quantidade suficiente para gerar renda para o seu sustento. Alguns autores afirmam ser, em futuro próximo, em torno de 300 litros/dia o mínimo necessário para se permanecer dentro da atividade leiteira.

Por outro lado, a demanda por qualidade, aliada à baixa margem de lucro do setor lácteo, torna a competitividade uma questão de sobrevivência, entendendo como competitividade a capacidade de gerar produtos de qualidade superior e/ou preço inferior aos dos concorrentes nacionais e internacionais. Produtores estão abandonando o mercado e quem não planejar corretamente e errar poderá ter sérias dificuldades.

Um exemplo bem sucedido de competitividade é o da Nova Zelândia, maior exportador mundial de leite, que opera com alta qualidade e custo baixo, ainda que com produtividade não muito alta, utilizando uma tecnologia balanceada, baseada em estudos apurados de custo/benefício. (SARRIER & MACHADO, 1998).

Um outro aspecto da qualidade, é que pode ser utilizada como um poderoso instrumento de marketing. Melhora a imagem das empresas (a idéia de qualidade é associada à confiabilidade), os quais, por sua vez, tomam como primeira prioridade a satisfação dos clientes, gerando um sistema de retroalimentação positiva.

Outro fator a considerar é a larga disseminação do uso intensivo de pastagens envolvendo rebanhos mestiços, os quais, ao longo do tempo e com

tecnologias apropriadas, serão substituídos por animais de origem européia, que necessitam de um maior cuidado com os efeitos maléficos das elevadas temperaturas e umidades, freqüentes em regiões tropicais e sub-tropicais.

Com esses avanços desenvolveram-se tecnologias para que os problemas advindos da adoção dessas técnicas fossem solucionados. Da mesma forma que foram aparecendo soluções houve a importação de pacotes tecnológicos, como é o caso dos *freestall*, que foram largamente disseminados no país.

Essas melhorias proporcionaram o aparecimento de animais mais produtivos e, conseqüentemente, mais exigentes nutricionalmente, que possuem metabolismo mais elevado com maior produção de calor endógeno e mais susceptíveis às ações do meio ambiente.

Dessa maneira torna-se imprescindível que se encontrem soluções de baixo custo e de boa eficiência, para minimizar o efeito do desconforto térmico causado nos animais pelas altas temperaturas e altas taxas de umidade relativa do ar, e que tais soluções possam ser absorvidas pelos pequenos produtores de leite, com um mínimo de investimento em construções e equipamentos.

2. OBJETIVOS

Tendo em vista a necessidade de se conhecer uma forma mais econômica e eficiente de alojamento de vacas em piquetes com acesso a sombreamento artificial, o presente trabalho teve como objetivo:

- 1- Avaliar dois diferentes métodos de redução do estresse calórico em vacas em lactação alojadas em piquetes com acesso à sombra artificial;

- 2 - Avaliar o desempenho produtivo de vacas em lactação quando submetidas diferentes sistemas de redução do estresse térmico sobre a sombra artificial de sombrite a 80% de redução da radiação solar direta;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Influência do meio ambiente na produção animal

A busca de materiais e de modelos de instalações e sistemas adequados à exploração leiteira, faz parte da procura permanente de condições de produção que maximizem a produtividade e incrementem, ou mantenham no momento de crise, a remuneração e a rentabilidade da atividade. Face às condições estruturais e conjunturais atuais da economia, e da bovinocultura de leite em particular, aspectos relacionados ao bem estar animal, até há pouco ignorados, passam a ser relevantes, visto que viabilizam a expressão de fatores de produção complexos, primordiais à produção de leite, à genética, à nutrição e à sanidade animal. Da mesma forma, possibilitem o alcance de novas metas e o aumento da quantidade e qualidade da produção a custos compatíveis (SILVA, 1998).

O Brasil possui a grande maioria de seu território, cerca de dois terços, situada na faixa tropical do planeta, onde predominam altas temperaturas do ar, conseqüência da elevada radiação solar incidente. Nos trópicos, as estações são definidas pelo regime pluviométrico e pela umidade relativa do ar, sendo divididos em trópicos úmidos e secos. Perfazem 40 % do planeta, com metade das terras agricultáveis, porém, sendo os responsáveis por apenas um terço da produção mundial de alimentos.

Nessa região do planeta a temperatura média do ar situa-se em geral acima dos 20 °C, sendo que a temperatura máxima, nas horas mais quentes do dia, apresenta-se acima de 30 °C por grande parte do ano, muitas vezes atingindo a faixa entre 35 e 38 °C.

ALBRIGHT (1994) considerou difícil definir o que é conforto para um animal, mas através de observações cuidadosas e constantes de seu comportamento, saúde, produção e reprodução, pode-se determinar os agentes que afetam o seu desempenho.

BACCARI (1986) refere-se ao clima como sendo a combinação predominante dos elementos climáticos através dos anos e define microclima como o clima em pequena escala, como de uma pequena região ou de um estábulo. Segundo BAÊTA (1998), o microambiente térmico de um animal é composto de temperatura, velocidade e umidade do ar, temperatura radiante e temperaturas superficiais.

A vaca leiteira é um animal homeotérmico com temperatura interna de 38,5 °C, com frequência cardíaca de 60 a 80 pulsações por minuto e de 10 a 30 movimentos por minuto de frequência respiratória. Essa temperatura sofre uma pequena variação durante o período do dia, sendo mais alta no final das tardes e início da noite, variando também durante o ciclo estral e entre as estações do ano (HEAD, 1995).

O mesmo autor afirma não terem sido descritos, adequadamente, os efeitos dos sistemas intensivos de confinamento, bem como não se sabe qual a melhor maneira de assegurar que os animais estejam realmente em condições de

conforto para expressarem a sua máxima produção.

BUFFINGTON et al. (1981) definiram o estresse pelo calor como sendo o efeito de todas as combinações ambientais que causam uma temperatura efetiva do ambiente maior que a zona termoneutra dos animais.

3.2. Zona de Conforto Térmico

Na concepção e no dimensionamento dos sistemas de climatização de instalações para bovinos é necessário ter claros os objetivos e os meios disponíveis para alcançar os propósitos estabelecidos. Assim, é necessário estabelecer metas, definir meios e conhecer as formas de utilização dos recursos disponíveis.

Segundo TITTO (1998), a zona de conforto térmico é a faixa de temperatura ambiente na qual o animal homeotérmico praticamente não usa o seu sistema termorregulador, seja para fazer termólise ou termogênese, quando o gasto de energia para manutenção é mínimo, ocorrendo a maior eficiência produtiva, sendo dependente da umidade relativa do ar, da adaptação do animal, da nutrição e nível de produção (figura 1).

Quando o animal sai da zona de conforto, entrando em estresse pelo frio, aumenta o seu consumo de alimentos com o objetivo de produzir mais calor interno, ao passo que, ao ultrapassar o limite superior, diminui a ingestão de alimento e dissipa calor para o ambiente, para baixar a produção interna de calor. Essa queda na ingestão de alimentos tem como consequência direta a diminuição

da produção de leite e na eficiência reprodutiva.

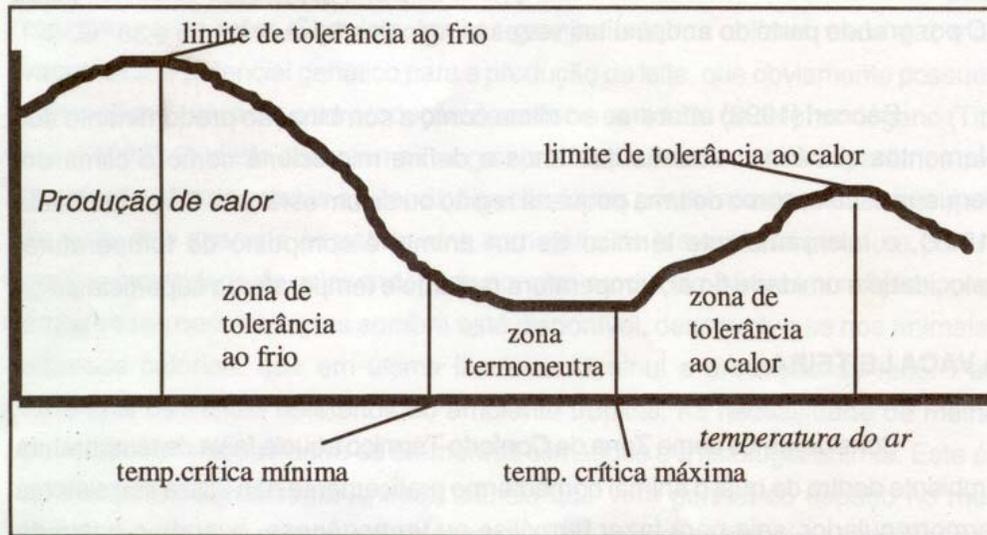


Figura 1. Zonas de tolerância e conforto térmicos.

NÄÄS (1989) afirmou ser a faixa de 13 °C a 18 °C confortável para a maioria dos ruminantes, e referiu-se às temperaturas entre 4 °C e 24 °C para vacas em lactação, podendo ser restringidas essas faixas aos limites de 7 °C a 21 °C, em função da umidade relativa e radiação solar.

Pode-se considerar que os bovinos possuem 4 mecanismos básicos de perda de calor: condução, convecção, radiação e meios evaporativos. As perdas por condução são aquelas que ocorrem através do contato físico do corpo do animal com uma superfície de temperatura mais baixa, sendo que na atividade leiteira os locais mais comuns de ocorrência dessas trocas são lagoas de resfriamento, barro ou piso cimentado.

Quando a temperatura do ar ultrapassa o limite crítico superior, o centro

termorregulador, sediado no hipotálamo, dá início à termólise, especialmente por via evaporativa, através do aumento da frequência respiratória que, em geral, apresenta-se superior a 40 movimentos respiratórios por minuto, podendo atingir níveis alarmantes de ofego, da ordem de mais de 100 movimentos por minuto.

Quando a vaca utiliza o ofego está sujeita a vários agravantes representados pela produção de calor advinda da movimentação da musculatura torácica, além da excessiva eliminação de CO₂, com conseqüente alcalose respiratória. Além disto, a taquipnéia não representa mais que 25 % da perda total de calor corporal (McDOWELL,1975).

Outra via evaporativa de termólise é a sudação (Tabela 1), mais eficiente, e de gasto bem menor para o animal. McDOWELL (1975) reporta a taxa de sudação para vacas das raças Holandesa e Jersey de, respectivamente, 133 e 174 gramas por metro quadrado de pele por hora em temperatura de 32 °c. Em condições de umidade relativa não superior à 70 %, esta via termolítica constitui-se em importante recurso para as vacas de origem européia.

SILVA (1989) refere-se à sudação como característica adaptativa em vacas leiteiras, que depende da temperatura da pele, da umidade relativa do ar, da densidade, tamanho e funcionalidade das glândulas sudoríparas, além da espessura do pelame.

Tabela 1. Taxas de evaporação em bovinos ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$).

Temp. do ar (°C)	Via Respiratória		Superfície Corporal		% do total pela respiração	
	Zebu	Taurus	Zebu	Taurus	Zebu	Taurus
10	12	27	52	40	23	40
21	15	30	70	124	29	42
27	14	41	84	143	27	36
32	14	45	154	133	16	23
35	22	49	156	136	17	25

Adaptada de McDowell, 1975

Com a ajuda de ventiladores pode-se promover o resfriamento por convecção, que é aquele que ocorre através da troca do ar mais quente existente ao redor do animal.

A perda por radiação ocorre quando o animal emana calor para o meio ambiente. Esse mecanismo é mais eficiente para aquisição de calor. O uso de sombras melhora o desempenho animal de forma bastante eficiente, MACHADO, (1998).

A quarta via de perda de calor seria o meio evaporativo e, segundo KIBLER, (1950), citado por MACHADO, (1998), observou-se que em temperaturas superiores a 29 °C, 85% da perda da calor ocorre através de meios evaporativos (transpiração e respiração), conforme o apresentado na figura 2.

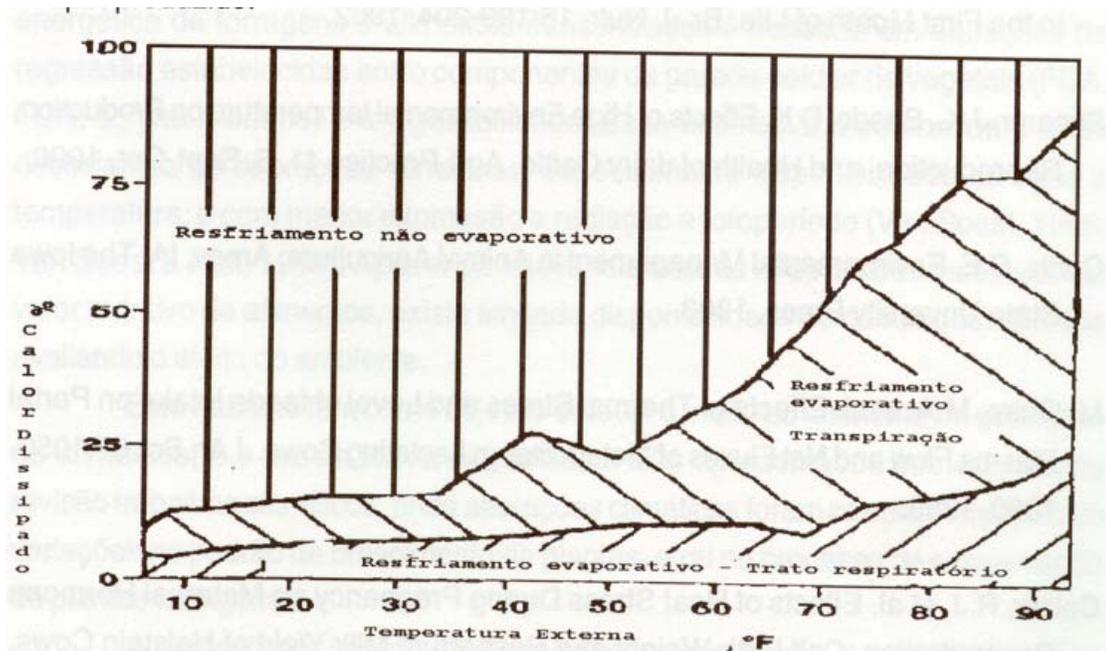


Figura 2. Formas de perdas de calor em bovinos

Como resposta ao estresse térmico os animais reagem com mudanças fisiológicas e comportamentais (BAÊTA et al., 1987). As respostas fisiológicas são: aumento da freqüência respiratória, que, em geral, se apresenta superior a 40 movimentos respiratórios por minuto; aumento da freqüência cardíaca; redução na ingestão de alimentos; aumento na ingestão de água. As vacas tem como modificação comportamental a diminuição do pastejo e ambulação procurando pastar à noite, e buscando sombra e imersão em água durante o dia, TITTO (1998).

BACCARI (1998) afirmou que, dentro da zona de termoneutralidade, o custo fisiológico do animal é mínimo; a retenção de energia da dieta é máxima, a temperatura corporal e o apetite são normais, e a produção é máxima. Dessa

maneira, os gastos com energia para manutenção são mínimos, não ocorrendo desvios de energia para manter o equilíbrio fisiológico, o qual, em caso de estresse, pode ser rompido.

BACCARI et al (1997) observaram que vacas holandesas em lactação imergiam os membros em bebedouro comum ou deitavam em poças de lama, mesmo em verão brando, numa tentativa de eliminar o excesso de calor.

3.3. Índices de conforto térmico

Segundo BUFFINGTON et al (1981), os quatro fatores ambientais que definem as temperaturas efetivas são: temperatura de bulbo seco, umidade, radiação e velocidade do ar.

Segundo BUFFINGTON et al.(1981) o Índice de Temperatura e Umidade (THI) engloba os efeitos combinados de temperatura de bulbo seco e umidade, para o conforto e performance animal,

Os autores afirmaram ainda que o índice mais comum existente é o Índice de Temperatura e Umidade (THI), desenvolvido originalmente por THON (1958), e adotado pela U.S. WEATHER BUREAU, em 1959, como índice de conforto térmico para humanos.

Uma das fórmulas da equação do THI é dada por:

$$\text{THI} = \text{TBS} + 0,36\text{TBU} + 41,5 \text{ onde}$$

TBS = temperatura de bulbo seco (°C);

TBU = temperatura de bulbo úmido (°C).

CARGILL & STEWART (1966) observaram que as mesmas variáveis psicrométricas causadoras do desconforto térmico em humanos, também causaram certo desconforto em vacas leiteiras, o que pode acarretar decréscimos na produção de leite. Verificou-se que, em um THI de 76 ou 77, a produção de leite declinou

IGONO et al. (1992) determinaram, para vacas holandesas em clima quente e seco (Arizona - USA), valores críticos mínimo, médio e máximo de THI de 64, 72 e 76, respectivamente. Segundo JOHNSON (1980), vacas holandesas em lactação apresentaram um declínio na produção de leite a partir de um THI igual a 72.

O BGHI (Índice de Umidade e Temperatura de Globo) integra a temperatura de bulbo seco, umidade, nível de radiação e movimentação do ar (BUFFINGTON et al., 1981).

O BGHI é calculado de acordo com:

$$\text{BGHI} = \text{TG} + 0,36 \text{ TPO} + 41,5 \text{ onde:}$$

TG = temperatura de globo negro, (°C)

TPO = temperatura de ponto de orvalho (°C).

Os mesmos autores afirmaram que o BGHI, é um indicador mais preciso do conforto térmico animal, e da produção animal, quando comparado ao THI em condições ambientais onde a radiação solar ou a velocidade do vento sejam altas. Sob condições de níveis moderados de radiação solar, o BGHI e o THI são igualmente eficientes, como indicadores do conforto térmico animal.

Temperaturas retais e taxa respiratória de vacas leiteiras estão

diretamente relacionadas com o BGHI, enquanto que, a produção de leite e eficiência reprodutiva estão inversamente relacionadas, (BUFFINGTON et al., 1981).

Igualmente importante é o CTR, índice que calcula a carga térmica radiante, descrito por ESMAY (1982), proveniente da medida total de radiação solar a que os animais estão eventualmente expostos. A CTR é dada pela equação:

$$CTR = \delta (TMR)^4$$

onde :

$$\delta = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ (constante de Stefan-Boltzman);}$$

TMR = Temperatura média radiante , dada por :

$$\text{Temperatura média radiante} = 100[2,51 \cdot (Vv)^{1,5} \cdot (TG - Ta) + (TG/100)^4]^{1/4}$$

Onde:

Vv = velocidade de vento ,

Ta = temperatura ambiente, e

TG = temperatura de globo negro.

LALONI (1997) descreveu um índice de produção, baseado no índice de Temperatura Equivalente (ETI), para vacas holandesas preto e branco em regime de confinamento parcial. A equação corrigida apresentou o melhor ajuste de curva dos dados coletados. A equação foi a seguinte:

$$ETI_{\text{corrigido}} = 29.83628 - 0.11519 t + 00.00059 \phi - 0.30525 v$$

Onde t é a temperatura em °C, ϕ é a umidade relativa do ar em %, e v é a velocidade do ar (m/s).

3.4. Efeitos do estresse térmico sobre o consumo de alimentos, água, produção e composição do leite

Dentre os efeitos causados pelas altas temperaturas e umidades a redução do consumo de alimentos é o fato mais importante na queda de desempenho do animal. MCGUIRE (1982), citado por MACHADO (1998), afirmou que, com temperatura de 30 °C o consumo de alimentos é 90% daquele observado com 25 °C, sendo que a 40 °C o consumo é 67% do normal. O mesmo autor afirmou que um único caso de alta temperatura pode ter influência no consumo por até 8 dias.

HUBER (1995) afirmou ser o consumo de alimentos o principal fator responsável pelo decréscimo na produção de leite em condições de estresse térmico. A redução de ingestão de alimentos resulta em um decréscimo da produção de calor e é uma estratégia usada pelo animal para manter a sua temperatura corporal constante.

Após o oxigênio, água é o principal nutriente, indispensável à vida, e essencial para aliviar os efeitos do estresse. O consumo de água é relativamente constante em temperaturas situadas na faixa de 15 a 25 °C; esse consumo dobra em temperaturas acima de 32 °C.

HEAD (1989) afirmou que o estresse térmico causou decréscimos na produção e no teor de constituintes do leite, como a gordura, proteína, ácido cítrico, cálcio e potássio.

RODRIGUES et al. (1985) encontraram valores de gordura de 3,85% e

3,31% e de proteína de 3,42% e 2,98%, quando as vacas foram submetidas a temperaturas de 8 °C e 32 °C, respectivamente.

3.5. Formas artificiais de redução dos efeitos do meio ambiente na produção animal

A maior restrição à produção zootécnica em países de clima quente, se encontra na própria dificuldade de que os animais foram geneticamente desenvolvidos em climas mais amenos, e serem alojados em condições ou conceitos provenientes de climas menos amenos. Daí a necessidade de ter-se instalações adaptadas, com características construtivas que garantam o mínimo de conforto, permitindo ao animal abrigado desenvolver todo seu potencial genético.

Em estudos realizados por NEUBAUER et al. (1966a, 1966b, 1968 e 1969) com a finalidade de verificar a influência das dimensões, formato e orientação de instalações para abrigo de animais, observou-se que, quando um abrigo com formato retangular é orientado em sua maior dimensão na direção leste - oeste, a temperatura ambiente do interior do abrigo, é menor que a temperatura obtida em abrigos com o mesmo formato, orientados em sua maior dimensão para a direção norte - sul. Observaram os autores ainda, que mesmo quando o abrigo fosse orientado na direção norte - sul, apresentando telhado pintado com tinta refletiva branca, a temperatura ambiental abrigo continuava sendo maior do que a do abrigo orientado na direção leste - oeste, sem pintura no telhado.

Abrigar o animal da radiação, significa preocupar-se com a incidência solar direta. BUFFINGTON & SKINNER (1980), estudaram o efeito da radiação solar e da velocidade do ar no balanço térmico de uma instalação típica para abrigo animal (com forma retangular), simulando quatro diferentes orientações, em sete diferentes localizações nos EUA, com latitudes variando de 30° a 46 °N. Os resultados indicaram que a orientação do prédio em relação ao posicionamento do sol, é mais efetiva, durante o verão, do que localizá-lo favoravelmente à entrada de ventos dominantes, quando se deseja reduzir o ganho total de calor na instalação. Verificou-se que, no período de primavera - verão, o prédio orientado na direção Nordeste - Sudoeste foi o que apresentou maior ganho de calor em seu interior, porém não diferindo muito do prédio com orientação Norte - Sul. O prédio com orientação Leste - Oeste foi o que obteve menor ganho de calor em todas as localidades durante todas as estações do ano.

BOND et al. (1976), realizaram um estudo na Califórnia com finalidade de verificar a efetividade de sombras originadas de coberturas com várias inclinações, em várias localidades dos Estados Unidos. As coberturas possuíam um área de 2,4 m², altura de 1,8 m em relação ao piso, e eram cobertas com telha de alumínio pintadas de branco na face superior e de preto na face inferior. Não observou-se nenhuma diferença entre as cargas térmicas radiantes obtidas sob as coberturas com diferentes inclinações e orientações, em todos os locais de estudo. Observou-se, porém, que em todos os locais de estudo, as sombras provenientes de telhados inclinados, foram mais eficientes, principalmente em termos de área sombreada, do que as sombras obtidas sob telhados planos.

O planejamento de instalações para bovinos de leite envolve uma avaliação cuidadosa de maneira sistemática, incluindo uma visão de recursos naturais, recursos humanos e finalmente o capital de investimento. A integração perfeita desses itens é o ponto de partida inicial para se olhar de forma equilibrada o planejamento de instalações.

O uso de recursos naturais tem um grande impacto na produção uma vez que envolve o uso de mananciais de água, manejo de dejetos, dependência do clima local e produção ou aquisição de alimentos. O uso dos recursos humanos, depois da fase de implantação e da continuidade do projeto, representa um importante aliado no sucesso ou na falha do projeto, uma vez que empregados que não entendem ou não aceitam determinadas situações ou demandas da produção, podem comprometer o processo decisório. Finalmente, o capital investido deve ser embasado em uma firme avaliação de produção de maneira a ser realista e coerente com avaliação do fator custo-benefício.

3.5.1. Proteção da radiação solar

O condicionamento térmico de uma instalação leiteira é função basicamente do isolamento térmico e da ventilação. A radiação solar incidente e o calor gerado pelos animais, constituem as principais fontes de calor nas edificações. O primeiro pode ser controlado pelo isolamento térmico, e o segundo, pela ventilação WATSON (1971).

A freqüente situação de altas temperaturas dentro das instalações, geralmente deve-se mais à má concepção e adequação, do que propriamente à

adversidade climática, sendo necessária a utilização de sistemas naturais e artificiais, para o controle eficiente do ambiente.

Segundo CHANCELOR (1991), a maximização do condicionamento natural pode ser alcançada pela redução da insolação nas superfícies externas, eliminação da radiação solar direta, controle da velocidade do vento, e colocação de forros ventilados. Porém, à medida que a massa da edificação diminui, aumenta a importância do isolamento (MASCARÓ & MASCARÓ, 1988), e como a ventilação transfere calor, a quantidade de ar movimentado precisa ser monitorada para o controle da temperatura e remoção de umidade (ALLUCI, 1983; NÄÄS, 1989).

Independentemente da forma ou sistema selecionado para alterar as condições climáticas do ambiente produtivo, seja de ordenha, *freestall*, ou pasto, alguns princípios básicos precisam ser analisados:

- 1 - Radiação solar incidente
- 2 - Temperaturas
- 3 - Umidade relativa
- 4 - Velocidade do ar

Portanto, o sistema de climatização se resume à análise do defluxo de calor (balanço de calor). Dessa forma, em clima quente, o maior problema encontrado no interior dos galpões é dissipar o excesso de calor existente.

De acordo com BOND (1967), a melhoria das instalações reflete em uma melhor eficiência alimentar, melhor crescimento, melhor controle de enfermidades e parasitas e melhor produção.

A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal, mais o calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas. Caso contrário, o animal tem que se defender utilizando outros mecanismos de termorregulação. A produção de calor bem como a sua dissipação para o meio, é um processo interativo, que depende diretamente da fisiologia animal, e das condições termodinâmicas do ambiente ESMAY (1982).

Para o balanço térmico da edificação, considera-se o calor produzido dentro da estrutura, bem como o calor recebido pela incidência solar, especialmente no telhado, e aquele proveniente das trocas por condução e convecção (NÄÄS, 1989).

De acordo com ESMAY (1982) o balanço de calor, dentro de uma unidade de produção de leite, pode ser entendido como :

$$Q_s + Q_e + Q_{sup} = Q_m + Q_b + Q_v$$

onde:

Q_s = calor sensível gerado pelas vacas, a ser dissipado

Q_e = calor produzido por equipamentos no interior dos galpões

Q_{sup} = calor suplementar qualquer (ex. telhado, solo)

Q_m = calor necessário para evaporar água

Q_b = calor dissipado pelas paredes, forro e materiais

Q_v = calor sensível a ser dissipado pela ventilação

Unidade em J/s

De acordo com a Tabela 2, observa-se a produção de calor latente e sensível das vacas de aproximadamente, 453 kg, em diferentes temperaturas, para vacas de 450 kg de peso vivo.

Tabela 2. Produção de calor latente e calor sensível, em diferentes temperaturas

T°C	Calor latente	Calor sensível
1,1	350	235 - 865
4,4	410	279 - 777
10	480	322 - 674
15	580	393 - 567
21	610	410 - 499
27	835	567 - 293

A sombra mais eficiente para provocar redução da carga térmica radiante proveniente da radiação solar direta sobre os animais é aquela produzida pelas árvores, pois combina a proteção contra o sol com efeito de evaporação das folhas (HAHN, 1976, citado por ARMSTRONG,1994).

Em um experimento realizado por HOYANO (1988), no período de verão no Japão, foram utilizadas algumas espécies de arbustos e árvores para o sombreamento de espaços abertos, e paredes de uma edificação urbana, a fim de verificar seu efeito no ambiente térmico do edifício. Primeiramente, verificou-se o

efeito da sombra de uma pérgola em um espaço aberto. As folhas de uma espécie arbóreas leguminosa, ficavam a uma altura de 2,5 m do chão, distribuídas em uma área retangular de 60 m², com sua maior dimensão orientada na direção leste - oeste. Observou-se que a radiação que chegava ao solo desprotegido, atingia o montante de 250 kcal/m²h, enquanto que sob a vegetação, a radiação obtida era de apenas 60 kcal/m²h. Durante o período mais quente do dia, a vegetação reduziu a temperatura radiante em até 8 °C na área sombreada. Em outra fase do experimento, o autor verificou o efeito do sombreamento resultante de uma fileiras de árvores plantadas ao longo de uma parede com 2,3 m de altura e face oeste, de uma edificação com área de 400 m². A espécie utilizada foi a Kaikuka hort, com copa cônica e tronco curto (0,45) m totalizando a altura de 2,5 m. Observou-se que, com a presença das árvores, o ganho de calor por condução para a face interna da parede, às 16:00 horas, foi reduzido pela metade.

BUCKLIN et al. (1991), afirmaram ser as árvores excelentes fontes de sombras, provocando um bloqueio da radiação solar, como também por promover uma circulação do ar desejável, devido à evaporação oriunda das folhas. Entretanto, em grandes rebanhos confinados ocorre um acúmulo de esterco na base das árvores podendo vir a prejudicar o seu sistema radicular.

A reduzida informação sobre o comportamento da transmissão da radiação solar através de árvores, em contraponto ao amplo conhecimento do importante papel da vegetação no controle dos extremos ambientais, indica e justifica a pesquisados efeitos da arborização no clima (PEIXOTO et al., 1993).

Cabe destacar que a vegetação pode exercer modificações climáticas em nível de macro, meso e microclima. SATTLER (1992) apresentou uma classificação em escala, originária das distâncias relativas da arborização à estrutura, de forma a maximizar os projetos de arborização. Para o autor, considera-se mesoescala distâncias de um a dezenas de quilômetros e, microescala distâncias de dezenas a centenas de metros.

É sobre a melhora do conforto térmico, cujos os objetivos são: a redução e controle da radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e a velocidade do ar, que a ação moderadora da vegetação mais se manifesta (SATTLER, 1992).

Estudos realizados por KRATZER (1956), comprovaram que as áreas desprovidas de vegetação tornam-se muito quentes ao meio-dia e frias à noite; as áreas densamente vegetadas apresentam uma temperatura sem grandes variações diurnas, sendo consideravelmente mais frescas que as anteriores. Configura-se, pois, uma variabilidade considerável nos climas, os quais, por sua vez, dependendo da radiação solar recebida, bem como do regime dos ventos e de precipitação ou umidade, e, em conseqüência, da temperatura resultante, definirão climas mais ou menos confortáveis para o usuário (seja ele o homem ou os animais).

Para CAVALHEIRO (1994), deve-se pensar no objetivo da arborização; se é o fornecimento de sombra; abrigo para o sol poente; proteção contra vento, ruídos e poeira, ou diminuir a refletividade solar.

Os efeitos da arborização sobre o conforto ambiental podem ser analisados sob diferentes aspectos, a saber: radiação solar; velocidade dos ventos; umidade relativa do ar, dentre outros citados por SATTLER (1992).

Em relação à radiação solar a vegetação tem um comportamento seletivo em relação aos comprimentos de onda. Absorve cerca de 90% da radiação visível e 60% da infravermelha. A radiação visível absorvida é utilizada para as funções vitais do vegetal. Uma pequena parte da radiação é transmitida por meio das folhas e, o restante, se reflete (RIVERO, 1986). Assim, através da arborização, tem-se uma atenuação da radiação de onda curta, evitando os efeitos de ofuscamento e reflexões no aquecimento das superfícies e, conseqüentemente, do calor emitido por estas.

Cabe ressaltar que, mesmo na condição de ausência de folhas, é considerável a interceptação de radiação pelo esqueleto da árvore. Existe uma grande disparidade nos valores apontados por diversos autores, mas, segundo HEISLER (1974), árvores de copa rala interceptam de 60 a 80% da radiação direta incidente, enquanto que, árvores de copa densa e espessa, interceptam até 98%.

No balanço de radiação interceptada por uma árvore, 10 a 25% da fração interceptada é refletida de volta ao espaço circundante, e o restante, ou é absorvido para fins de transpiração, fotossíntese, ou se transforma em calor, aquecendo o ar diretamente em contato com a árvore. Este aquecimento do ar, no entanto, é pouco significativo, não chegando a modificar o efeito maior da vegetação, de alterar o microclima do seu entorno, no sentido de reduzir a temperatura do ar (HOYANO, 1988).

BACCARI (1998) recomendou que sejam utilizadas árvores que tenham folhas perenes, altura mínima de 3 metros e boa ventilação, de modo que o solo sombreado seque rapidamente. Segundo PENATI & CORSI (1998), devem ser considerados aspectos relacionados com adaptações da espécie, rapidez de crescimento. As árvores não devem possuir frutos grandes e serem resistente ao acúmulo de esterco e umidade.

Existem várias maneiras artificiais de prover sombras nas instalações para gado leiteiro, as quais podem ser classificadas em fixas e móveis.

BUCKLIN et al. (1991) sugeriu que, para os animais confinados sob a sombra, a melhor orientação a ser dada para a construção é a leste-oeste, porém, se os animais possuem livre movimentação, a melhor orientação é a norte-sul. A orientação norte sul tem a vantagem de propiciar que de 35% a 50% da área de piso sob a sombra receba a luz solar durante períodos da manhã e tarde. Isto é particularmente importante em instalações cujo piso seja de terra. Quanto ao espaço destinado aos animais, a recomendação para climas quente e úmido como a Flórida (EUA) é de 4,2 m a 5,6 m² por vaca, pois em áreas menores poderão ocorrer acidentes com os úberes, e, em áreas maiores que 4,5 m², não ocorrem benefícios, pois os animais tendem a se agrupar. O autor recomendou ainda que, em estruturas com 12 m ou menos de largura as mesmas deverão ter pé direito de 3,6 m, e nas mais largas esse último deverá ser de 4,2 m. Outra recomendação é que se pinte de branco o telhado aumentando sua refletividade .

As sombras portáteis, segundo BUCKLIN (1991), produzem uma menor proteção contra a radiação solar, quando comparadas com as estruturas permanentes, embora certamente sejam melhores do que os locais sem proteção

alguma.

LEVA (1998) afirmou que, na Argentina, tem sido utilizadas redes plásticas com diferentes porcentagens de sombreamento, recomendando-se como altura mínima 3 metros e uma ligeira inclinação para evitar o acúmulo de água sobre a rede. Embora esse acúmulo não traga danos à rede, provoca um umedecimento do solo devido à água que filtra em pequenas gotas. Recomendou, ainda, a rede com 80% de vedação para locais com altas cargas radiantes. Em locais com altas precipitações pluviométricas deve ser dada preferência para a orientação norte-sul, pois a mesma favorece a secagem do piso.

ROMAN-PONCE et al. (1977) concluíram que vacas alojadas em abrigos sombreados contra a radiação solar, produziram 10,7% mais leite e apresentaram maior taxa de concepção, quando comparadas com aquelas alojadas em locais sem proteção.

3.5. Métodos de controle de temperatura

A produção de leite, pela sua competitividade, requer edificações projetadas de forma que permitam o condicionamento térmico natural, adotando medidas simples, que devem ser esgotadas, antes de serem usados os sistemas artificiais. Dentre eles, pode-se citar: a localização, a construção, o pé direito, materiais de construção, arborização com sombreamento, e a ventilação natural

De acordo com BAËTA (1998), o tamanho dos galpões não influi significativamente na qualidade térmica ambiental, podendo o seu dimensionamento estar ligado às condições de manejo e características dos

equipamentos. Porém, NÄÄS (1989) afirmou que a geometria e o volume de ar existente dentro da instalação são importantes fatores na quantificação do volume de ar a ser retirado do interior da construção.

Do ponto de vista bioclimático, um dos principais fatores que influenciam na carga térmica de radiação, são os telhados. O telhado influencia no ambiente interno, em decorrência principalmente dos materiais de cobertura (NÄÄS, 1989, SEVEGNANI, 1995; BAÊTA, 1998).

O isolamento dos galpões em regiões de clima extremamente quente é recomendado para reduzir o fluxo de calor no interior recomendado, por meio do telhado. No mercado existem diversos tipos de isolamentos disponíveis para aplicações específicas. A escolha deve ser realizada baseada no custo, durabilidade, praticidade, manutenção e, acima de tudo, eficiência. Diversas coberturas reflexivas são disponíveis, as quais podem ser aplicadas no exterior dos telhados com objetivo de reduzir o calor interno dos galpões.

GHELFI FILHO et al. (1992); MOURA (1992); SEVEGNANI (1994), estudando os efeitos comparativos de materiais de cobertura em módulos em escala reduzida e destorcida, concluíram que aqueles que apresentaram os melhores resultados foram as telhas de barro, seguidas das telhas de alumínio e de cimento amianto..

SEVEGNANI (1997), trabalhando com telhas reflexivas, em telhados de barro e cimento amianto, com e sem pintura reflexiva branca, tinta látex e tinta cerâmica comercial, concluiu, que os melhores resultados foram apresentados pela cobertura de cimento amianto com tinta látex, seguido da telha de barro sem pintura.

As perdas de calor realizadas pela vaca através da superfície da pele e do trato respiratório não são suficientes em climas quentes e úmidos, para a produção ótima de leite (BUCKLIN et al.,1998).

A melhor maneira de resfriar um ambiente destinado ao uso para animais em lactação, é fazer uso da água, uma vez que a mesma possui uma alta capacidade calórica e elevado calor latente de vaporização.

A ventilação adequada dentro de uma edificação é de extrema importância, pois é responsável pela remoção da umidade, dispersão dos gases e do excesso de calor. Em épocas frias, quando se deseja manter o calor dentro das edificações, a ventilação deve ser adequada apenas para a renovação do ar, e a eliminação de gases e umidade.

Quando a temperatura ambiente for superior à ótima, é necessário aumentar a taxa de ventilação, a fim de eliminar o calor produzido pelos animais e para evitar uma temperatura excessiva dentro da instalação. A ventilação destes ambientes pode promover melhorias nas condições termo-higrométricas, podendo representar um fator de conforto térmico de verão ao incrementar trocas de calor por convecção e evaporação.

A velocidade máxima do ar perto dos animais confinados não deve ultrapassar a 0,2 m/s. Se ultrapassar esse valor problemas pulmonares surgirão, de acordo com MÜLLER (1982).

Segundo COSTA (1982), CURTIS (1983), ASHRAE (1985), a ação dos ventos, embora intermitente, ocasiona o escalonamento das pressões no sentido horizontal, podendo ser intensificada por meio de aberturas dispostas convenientemente.

As instalações para animais com adequada entrada de ar pelas paredes e saída por aberturas no telhado, permitem uma ventilação contínua através das forças do efeito sifão térmico. Os animais e outras fontes de calor suplementar favorecem a eficiência na ventilação natural, e possibilitam um ambiente agradável.

Para RANDALL (1975), a ventilação controlada através de aberturas produz uma boa conversão alimentar, e redução significativa da mortalidade.

Segundo ASHRAE (1985), a diferença de temperatura do ar no interior do galpão provoca variação na densidade do mesmo, que por efeito termossifão, causa diferença de pressão na direção vertical. O fluxo de ar é função de três fatores: da diferença de temperatura do ar entre o interior e o exterior do galpão, das aberturas de saída do ar pelo lanternim e de entrada do ar pelas laterais, e por fim, da diferença de nível entre as aberturas.

Usando o princípio de Arquimedes, BRUCE (1982) estudou a teoria da ventilação por gravidade e do plano neutro de pressão em um protótipo, obtendo a equação de fluxo de ar em função da diferença de temperatura e da configuração da instalação, dada por:

$$V_T = AC (2g H (T_i - T_e) T_i - 1)^2$$

em que:

V_T - ventilação devida ao termossifão, (m^3/s);

A - área das aberturas de entrada e saída de ar, (m^2);

C - coeficiente de penetração do ar nas aberturas, (0,6 a 0,7);

g - aceleração da gravidade, ($9,8 m/s^2$);

H - altura do lanternim com relação ao plano neutro, (m);

Ti - temperatura absoluta do ar interno, (K);

Te - temperatura absoluta do ar externo, (K).

Os ventiladores são usados para criar o gradiente de pressão, podendo ser do tipo axial ou centrífugos. Os centrífugos são capazes de proporcionar maiores vazões, porém os axiais são mais silenciosos e usuais.

CURTIS (1983), forneceu as características de ventiladores axiais funcionando contra pressão estática de 25 mm de Hg (Tabela 3).

Tabela 3. Características de ventiladores axiais:

Velocidade RPM	Diâmetro (cm)	Potência (HP)	Vazão (m³/min).
1725	36	1/6	40
1140	46	1/6	56
1725	46	1/6	54
1725	46	1/3	95
1140	61	¼	122
1725	61	1/3	145
794	76	1/3	165
906	76	½	195
613	91	1/3	214
695	91	½	256
538	107	½	300

Basicamente os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo consistem em mudar o ponto de estado psicrométrico do ar, para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com água aspergida ou pulverizada. Como a pressão de vapor do ar insaturado, a ser resfriado é menor que a da água de contato, ocorre a vaporização da água; o calor necessário para esta mudança de estado vem do

calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos, e, conseqüentemente, do ambiente (WIERSMA & STOTT, 1983). Segundo esses autores o processo pode ser explicado pelo gráfico psicrométrico.

Na figura 3, o ponto de estado A representa o ar não saturado na fase inicial de acionamento de um dos sistemas. Caso houvesse saturação, o ponto de estado se deslocaria para o ponto B. Entretanto, isso não ocorre devido à eficiência dos sistemas, o ponto desloca-se somente até C. Nesse processo, a temperatura de bulbo úmido permanece constante, mas ocorre redução da temperatura de bulbo seco e aumento da umidade relativa. O deslocamento do ponto de estado depende da eficiência do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) adotado.

Para WHITAKER (1979), a eficiência de aplicação do SRAE, sistema de resfriamento adiabático, depende da diferença entre as temperaturas bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica), típica de cada região. Esse autor relata que o uso do SRAE permitiu uma queda de 4 a 7 °C na temperatura, em uma região dos Estados Unidos, que correspondia a uma depressão psicrométrica ($T_{bs}-T_{bu}$) ao meio dia de 7 e 9 °C. Em uma outra região, a redução da temperatura foi de 8 a 11 °C, que corresponde a uma depressão psicrométrica de 14 a 17 °C.

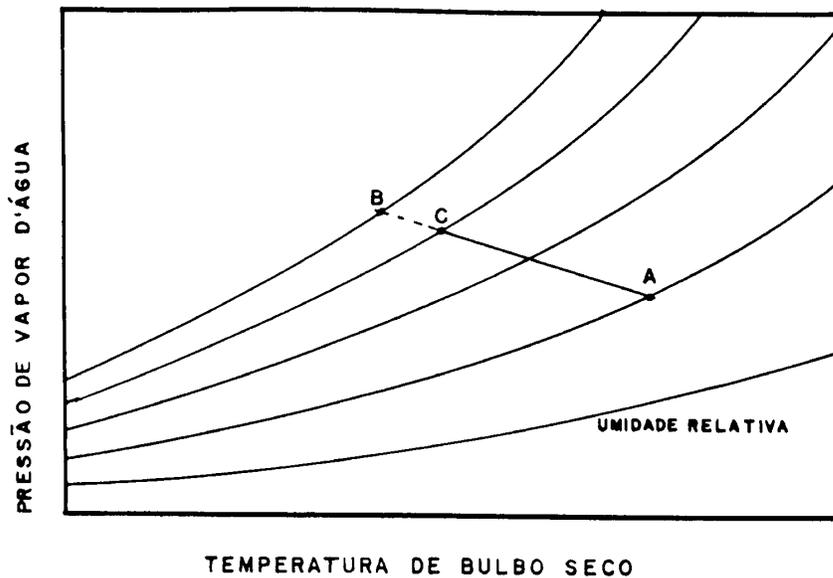


Figura 3. Esquema do desempenho do resfriamento adiabático, mostrado pelo gráfico psicrométrico, adaptado de SILVA, (1998).

Acredita-se que a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo e adiabático seja maior em climas quentes e secos, devendo ser tomados os devidos cuidados com diferentes manejos, principalmente em regiões úmidas.

O sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) do ar pode ser obtido por vários processos, destacando-se:

- a) Nebulização, associada à ventilação;
- b) Aspersão de água sobre a cobertura;
- c) Chuveirões para as vacas no campo ou pós ordenha.

O sistema de nebulização adotado permite a formação de gotículas extremamente pequenas, que aumentam a superfície de contato de uma gota d'água exposta ao ar, assegurando uma evaporação mais rápida.

A nebulização associada a movimentação do ar, ocasionada pelos ventiladores, acelera a evaporação, e evita que a pulverização ocorra em um só local, e venha molhar a cama. Um nebulizador bem calibrado com água limpa, é capaz de dividir uma gota d'água em 611 gotículas com diâmetro de 0,5 mm, e superfície específica cerca de 850 vezes maior, de acordo com MARQUES (1992).

Ao passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 584 kcal para cada kg de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente (LEE & SEARS, 1992).

Na prática, trabalhos conduzidos no Brasil detectaram uma redução média de 6 °C após 5 minutos de uso de nebulizadores. A eficiência do sistema de nebulização depende, ainda, da disposição dos bicos em relação aos ventiladores.

Estudos mais recentes foram apresentados por Frazzi et al. (1998), que realizaram um experimento com 100 vacas. Estudaram três sistemas de controle ambiental em quatro estábulos distintos: ventilação natural, ventilação forçada, ventiladores com aspersão de água e, no quarto estábulo, resfriamento com aspersão com água fria. Os resultados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4. Variação da produção de leite dos rebanhos, em função do sistema de climatização do ambiente (Frazzi et al. 1998)

Tratamento	Produção média (kg/dia)	Redução da produção. Inicial. (%)
Ventilação natural	26,1	11,0
Ventilação forçada	27,0	9,0
Ventilação + Aspersão	28,2	8,0
Resfriamento da água	31,3	3,7

ARMSTRONG (1994) ressaltou, ainda, uma situação na qual os animais foram borrifados com gotículas de água (formando uma névoa). Essa névoa precisa permanecer no microambiente que circunda o animal, para que seja removida pelos ventiladores, resfriando o ambiente.

O sistema de chuveiros ou aspersores sobre o animal, associados à ventilação, foi estudado por BUCKLIN et al. (1991). Os resultados são mostrados na Tabela 5. O sistema é bastante eficaz porque aumenta a capacidade de perda de calor por evaporação e resfriamento, como já havia sido descrito anteriormente. Além disso, o sistema pode ser posicionado em vários locais das instalações: salas de espera, área de alimentação, área de sombra, etc.

O tamanho das gotículas deve ser de tal forma que promova umedecimento dos pêlos do animal; os aspersores devem possuir um raio de ação de 180° e distância de 2,5 m entre si. Na Flórida os sistemas são delineados para borrifar água por 30 a 120 segundos em intervalos de 15 minutos, enquanto os ventiladores, de 35 m³/min de capacidade, ficam funcionando continuamente à velocidade de 120 a 180 m/min. Estes devem ser posicionados entre 3 a 4 m do solo e inclinados de 20 a 30 °C para facilitar a circulação de ar no dorso dos animais. O sistema é automaticamente ligado quando a temperatura atinge valor acima de 27 °C. O consumo de água por animal/dia neste tipo de operação é de 115 a 190 litros. (HEAD, 1995).

No México, em regiões de clima tropical sub-úmido e com altitude de 15 m, vacas holandesas e pardas suíças submetidas à aspersão (sprinkling) de água das 12 às 13 h, à sombra, produziram 7% a mais de leite que suas pares e que não foram aspergidas (HERNANDEZ & CASTELLANOS, 1983).

Em pesquisas realizada no Missouri (meio oeste americano) vacas holandesas submetidas à aspersão de água das 11:00 às 17:30 h, à sombra, nos dias em que a temperatura do ar excedeu 27 °C, produziram 700 gramas a mais de leite por dia que suas companheiras sem acesso à aspersão (IGONO et al., 1985). Os autores ressaltam que a aspersão foi benéfica mesmo durante um verão moderado em que o THI médio de 73,9 foi apenas ligeiramente superior ao THI crítico, de valor 72, a partir do qual a produção de leite começava a declinar.

Na Austrália subtropical, vacas holandesas de alta produção, confinadas e com livre acesso à sombra e forragem, recebendo concentrado na

base de 9 kg/vaca/dia, e aspergidas com água sempre que a temperatura do ar excedia 26 °C, produziram 4,8 kg/dia de leite a mais do que suas pares sem aspersão de água (HALL et al., 1997).

O resfriamento evaporativo dos abrigos para animais, particularmente gado leiteiro, tem-se expandido rapidamente em climas quentes, devido à sua relativa simplicidade técnica e praticidade em termos de uma relação benefício/custo favorável, fatores que têm resultado na sua aceitação por muitos criadores.

Quanto aos sistemas de resfriamento, são adotados basicamente três sistemas de resfriamento com utilização de água: *fog*, *mist* e aspersores. A diferença entre eles é o tamanho da gota, sendo que a gota do *fog* permanece suspensa e evapora antes de tocar o chão. O sistema *mist* é eficiente mas apresenta o inconveniente de ser de difícil associação com ventiladores e em regiões de muito vento. Quanto ao uso de *mist* tem sido relatados casos de sucesso em regiões de clima seco. Têm sido relatados problemas respiratórios em animais submetidos aos sistemas *mist* ou *fog* por longos períodos.

Segundo BUCKLIN (1998) o sistema de aspersores oferece maiores vantagens sobre o sistema *mist* ou *fog*, sendo seus benefícios maiores quando associados com ventilação.

As perdas de calor que ocorrem na vaca através da superfície da pele e do trato respiratório não são suficientes, em climas quentes e úmidos, para a produção ótima de leite (BUCKLIN & BRAY, 1998).

IGONO et al. (1985) utilizaram aspersão de água em vacas holandesas durante o verão no Estado de Colúmbia (EUA). Encontraram acréscimos de 0,7 kg

de leite quando as vacas foram comparadas com aquelas sem aspersão. O efeito da aspersão foi evidente mesmo em verão moderado, onde o THI (índice de temperatura e umidade) foi ligeiramente superior ao ponto onde a produção de leite começa a decrescer. Em trabalhos realizados nos Emirados Árabes, segundo IGONO et al. (1985), as perdas de produção de leite, devido ao verão, foram reduzidas em 2,8% sendo que, no total de 305 dias de lactação representou 0,6%. Trabalho semelhante realizado na Tanzânia, no entanto, não apresentou benefícios. Uma possível explicação para a ausência de efeito favorável talvez tenha sido a alta umidade relativa do ar.

BACCARI (1998) recomendou que a água deva penetrar bem e umedecer completamente a pele e o pêlo dos animais, de forma que as vacas sejam resfriadas por condução e por evaporação da água, a partir dos pêlos e da pele.

FRAZZI et al. (1997), trabalhando com vacas holandesas alojadas em instalação parcialmente fechada, localizada no Vale do Pó (Itália), concluíram que ventilação na velocidade de 0,5 m/s reduziu os efeitos negativos do estresse térmico. As vacas que receberam ventilação, comparadas com o controle, apresentaram um menor aumento na temperatura retal (38,94 °C x 39,49 °C), na taxa respiratória e menor redução na produção de leite. Os autores observaram ainda que, quando além da ventilação utilizou-se a aspersão, as vacas não apresentaram aumentos na temperatura retal, registrando-se pequenas diminuições na taxa respiratória. Relataram aumentos de 10 % a 15 % na umidade relativa e redução de 2,5 °C a 3 °C na temperatura ambiente, concluindo que o

uso de ventiladores e aspersores, quando comparados com ventiladores, reduz o estresse térmico em gado leiteiro.

FUQUAY et al. (1997) testaram o uso de ventilação em vacas lactantes em um clima onde as temperaturas variaram de 24 °C a 33 °C e a umidade relativa de 70% a 90%. Encontraram maiores valores de temperatura retal para as vacas sem ventilação, não havendo diferença na produção de leite, sendo que as vacas do grupo controle apresentaram uma menor persistência da lactação. FOLMAN et al. (1979) registraram diferenças na produção de leite e temperaturas retais, e encontraram, ainda, perda de peso nos animais do grupo controle, o que pode ser atribuído à perda de apetite. Concluíram que, estruturas de sombreamento suplementadas com ventiladores, melhoraram as respostas produtivas em vacas lactantes.

3.6.1 Ventilação e aspersão

A maneira mais econômica de provocar abaixamento de temperatura é utilizando-se a movimentação do ar para evaporar a água, provocando queda na temperatura e aumento na umidade relativa. Mesmo na presença de alta umidade é possível utilizar os benefícios do resfriamento evaporativo, pois quando se aumenta a temperatura do ar reduz-se a umidade

ARMSTRONG (1994) afirmou que a associação de aspersores e ventiladores é particularmente efetiva em clima seco, sendo no entanto, também benéfica em áreas semi-úmidas. O grande tamanho das gotas molha completamente o pelame dos animais, produzindo um resfriamento evaporativo

diretamente na superfície da vaca, que é mais eficiente do que aquele dependente de trocas por convecção com o ar resfriado.

BUCKLIN et al. (1998) citaram diversos autores, que demonstraram as vantagens da associação da aspersão com a ventilação, no intuito de redução da temperatura corporal e da taxa respiratória, do aumento do consumo de alimento e na melhoria na produção de leite (Tabela 5).

Tabela 5: Resumo dos resultados de testes de resfriamento por aspersão e ventilação em vacas leiteiras

Respostas	Grupo Controle	Grupo Resfriado	Diferença
Ingestão de alimentos	Kg/dia	Kg/dia	Kg/dia
Flórida (MS)	17,8	19,1	+1,3 (+7,1%)
Kentucky	34,9	38,1	+3,2 (+9,2%)
Missouri	32,9	35,2	+2,3 (+7,1%)
Alabama	16,6	18,7	+ 2,1 (12,7%)
Produção de leite	Kg/dia	Kg/dia	Kg/dia
Flórida	18,1	20,2	+2,1 (+11,6%)
Kentucky	22,8	26,4	+3,6 (+15,8%)
Missouri	23,4	25,4	+2,0 (+8,6%)
Israel	33,1	35,5	+2,4 (+7,1%)
Alabama	22,5	23,6	+1,1 (+4,9%)
Temperatura	°C	°C	°C
Kentucky	39,2	38,7	- 0,5
Missouri	39,2	38,8	- 0,4
Missouri	39,1	38,6	- 0,4
Mov. Respiratórios	Mov/min	Mov/min	Variação
Flórida	96	57	- 39 (-4,1%)
Kentucky	91	75	- 16 (-18%)
Alabama	73	51	- 22 (-30%)

BUCKLIN et al, 1998

Os autores afirmaram que esse sistema está sendo largamente usado em explorações comerciais, em associação com sombras, e tem mostrado aumentos na produção de leite de 10 a 15% durante os períodos de estresse calórico, em comparação com as vacas que somente receberam sombras. Os autores também citaram trabalhos onde as aspersões ocorreram em intervalos de 2,5 minutos a cada 7 minutos, e de 30 segundos a cada 5 minutos, sempre que a temperatura excedeu 80 °F e com consumo de água de 300 e 430 litros/vaca/dia, respectivamente.

FRAZZI (1998a), citado por SILVA (1998), trabalhando com quatro sistemas de controle ambiental, (ventilação natural, ventilação forçada, ventiladores com aspersão de água e resfriamento com água fria), encontrou reduções na produções de leite de respectivamente 11%, 9%, 8% e 3,7%, quando comparadas com as produções iniciais.

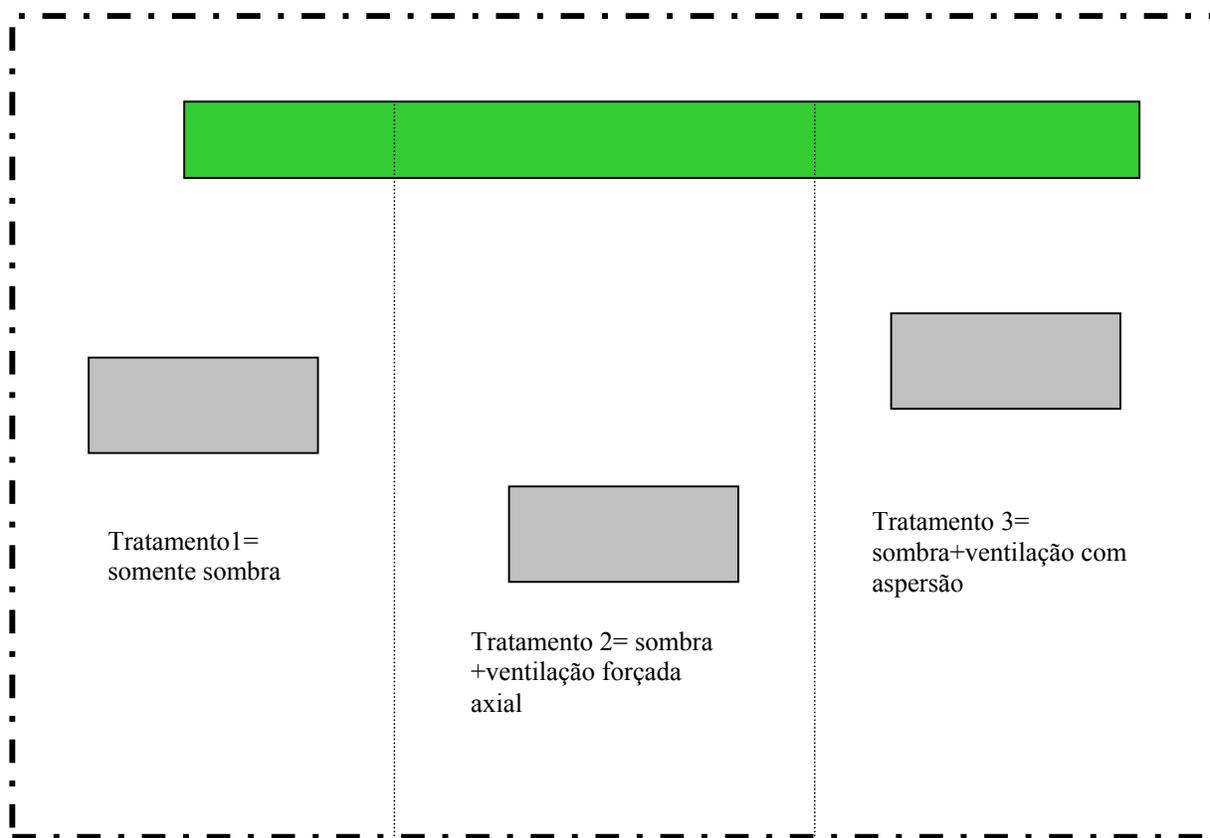
4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido, durante o período de 01 de maio a 31 de outubro de 1999 na Estação Experimental do Instituto de Zootecnia localizada em Nova Odessa com latitude $22^{\circ} 42'$, longitude $47^{\circ} 18'$ e altitude de 550 metros.

O experimento foi realizado durante esse período onde as temperaturas são mais amenas, se comparadas ao verão, sendo que é nessa época ocorrem os maiores gradientes de temperatura e, também ser esse o período em que os animais recebem suplementação alimentar, pois as pastagens apresentam um baixo valor nutritivo.

O *croqui* da figura 4 mostra a disposição dos tratamentos dentro da área experimental.

Comedouro (30 m X 0,70 m)



Área total de piquete = 1.500 m².

Figura 4. Croqui de localização do experimento (s/ escala).

4.1 TRATAMENTOS

Para as avaliações do desempenho dos animais foram adotados os seguintes os tratamentos:

4.1.1 Sombras - Os animais que foram submetidos a esse tratamento tiveram disponibilidade somente de sombra constituída de estrutura de madeira com 3,5 m de altura e coberta com tela plástica com retenção de 80% da radiação solar direta, sendo que, cada animal tinha acesso a 5 m² de área sombreada. As sombras foram construídas com dimensões de 3 metros de largura por 10 metros de comprimento, sendo o eixo principal no sentido norte - sul.

A figura 5 mostra a estrutura de sombra utilizada, que não possuía nenhum equipamento auxiliar.



Figura 5. Sombra simples sem nenhum recurso de ventilação forçada.

4.1.2 Sombras + ventilação - Os animais que foram submetidos a esse tratamento receberam sombra da mesma forma do tratamento anterior, acrescido de ventilação forçada fornecida por ventilador axial, sendo utilizado um ventilador da marca CASP® tipo VA 92 plus, equipado com motor de ½ C.V., vazão de 300

m³, e 495 RPM, com capacidade de produzir movimentação do ar de até 5 m/s. A figura 6 mostra a sombra com ventilador axial e na figura 7 estão as especificações do ventilador axial.



Figura 6. Sombra com ventilador axial

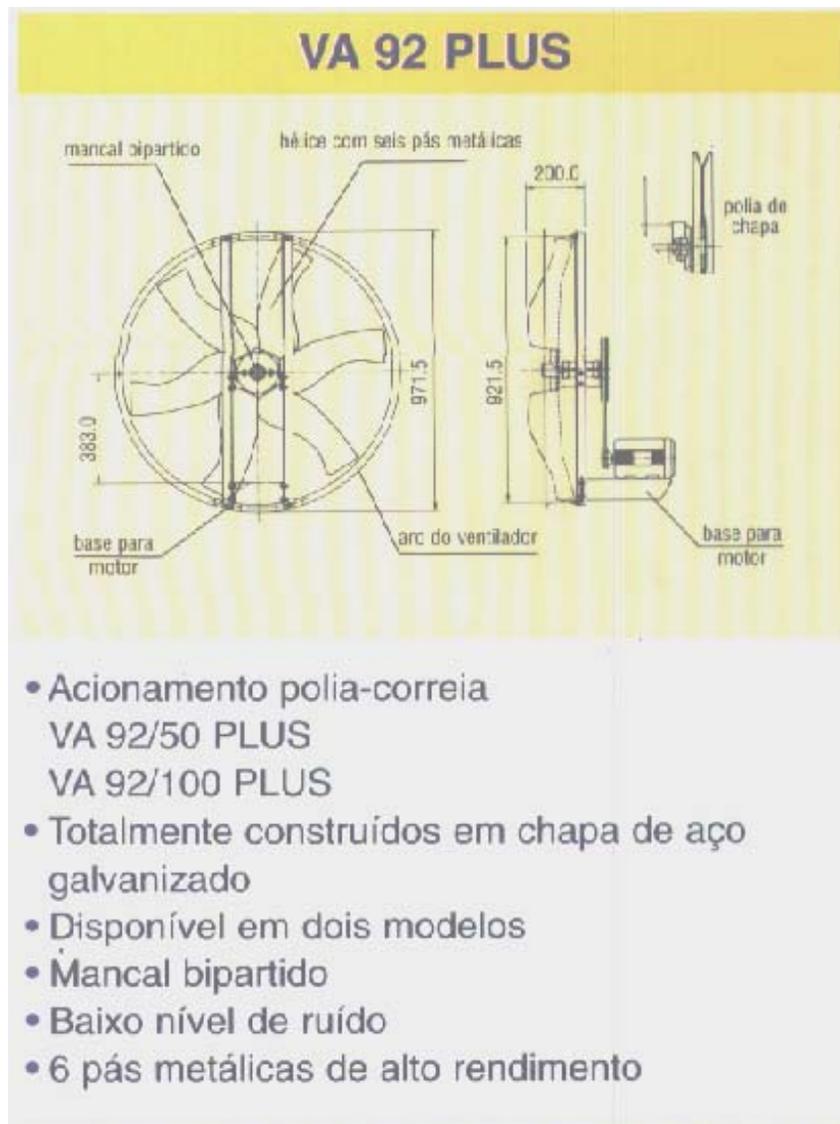


Figura 7. Ventilador axial utilizado no tratamento 2

4.1.3 Sombras + ventilação + aspersão- os animais que foram submetidos a esse tratamento receberam além da sombra, a ventilação e aspersão de água fornecidas por um único aparelho (figura 8) Para a realização da ventilação e aspersão foram utilizados umidificadores centrífugos industriais da marca DIDE[®] com capacidade de umidificação de 450 m³, consumo de água de 30 l/h e equipado com motor trifásico de 0,75 C.V. (figura 9 e 10)



Ventilador associado com nebulização

Figura 8. Sombra com ventilação acoplada a nebulização.



Figura 9. Aspersor ventilador utilizado no tratamento 3



Figura 10. Aspersor ventilador –vista posterior

O acionamento dos equipamentos elétricos era realizado através de sistema elétrico de acionamento automático, constituído de um relê térmico ligado a um termo par que foi colocado junto aos termômetros do tratamento 1, sendo o mesmo regulado para entrar em funcionamento sempre que a temperatura ambiente atingisse 25 °C e desligar ao atingir 24 °C.

Para se efetuar comparações entre os parâmetros meteorológicos foi acrescentado mais um local de medição onde foram coletados os dados de temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e de umidade relativa do ar. Esse local era constituído de abrigo que é mostrado na figura 11. Os dados de temperatura de globo negro que foram usados como testemunha foram obtidos em termômetro de globo negro exposto diretamente ao sol.



Figura 11. Abrigo meteorológico

4.2 ANIMAIS

Foram utilizadas para as avaliações dos tratamentos 12 vacas da raça Holandesa e 6 vacas da raça Pardo Suíço, entre 2^a e 4^a lactações, os animais estavam no início do experimento entre 40 a 60 dias de lactação e apresentando produções de leite de 22 a 30 kg/dia. As vacas foram distribuídas dentro dos tratamentos, de acordo com o peso vivo, produção de leite e idade de maneira que os mesmos ficassem balanceados, sendo que cada tratamento foi constituído de 4 vacas da raça Holandesa e 2 vacas da raça Pardo Suíço.

4.3 ALIMENTAÇÃO

As vacas receberam, silagem de milho, farelo de soja, grão de milho

moído e minerais, que foram fornecidos na forma de dieta completa e de maneira a atender às exigências nutricionais para a manutenção e produção de leite, de acordo com o NRC. A análise bromatológica dos ingredientes utilizados na dieta dos animais é apresentada nas tabelas 6 e 7. As figura 8 e 9 mostram as vacas no cocho de alimentação .

Tabela 6: Composição bromatológica dos alimentos concentrados e volumosos
Resultados em base seca

Alimentos	MS 105° (%)	PB (%)	FB (%)	EE (%)	MM (%)
Silagem milho	90,87	8,01	26,25	5,58	4,69
Milho e F.soja	89,16	22,65	3,15	2,78	6,16

MS= matéria seca
PB= proteína bruta
FB= fibra bruta
EE= extrato etéreo
MM= matéria mineral

Tabela 7: Composição percentual dos concentrados, Nova Odessa, 1999

Ingredientes	22 % PB
Milho Triturado	63,0
Farelo de soja	35,0
Mistura mineral¹	2,0
Composição Nutrientes	
MS (%)	91,45
PB (%)	22,12
FB (%)	3,89
EE (%)	3,84
FDA (%)	5,54
FDN (%)	33,84
MM (%)	5,18

¹ Mistura Mineral: cloreto de sódio (47,36%), fosfato bicálcico (50,0%), sulfato de zinco (1,50%), sulfato cúprico (0,60%), sulfato ferroso anidro (0,50%), sulfato de cobalto (0,03%), iodeto de potássio (0,01%).



Figura 12 . Vacas se alimentando no cocho durante o experimento

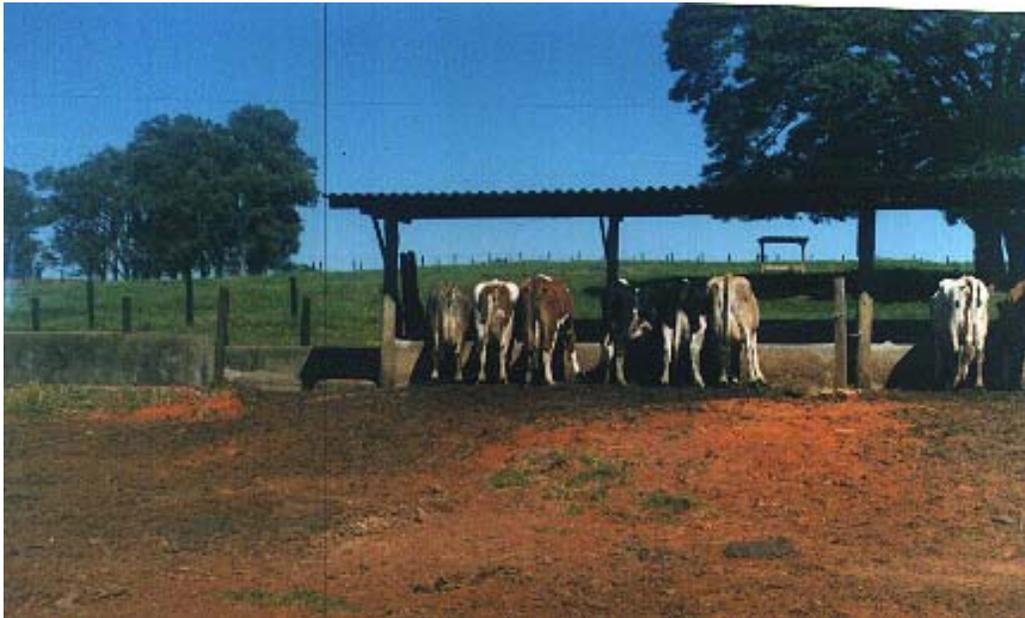


Figura 13. Vacas se alimentando no cocho, durante o experimento.

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia, sendo que a primeira refeição foi fornecida pela manhã e, a outra, após a segunda ordenha. Os ingredientes da dieta eram homogeneizados em carreta misturadora de maneira a produzirem uma dieta completa.

4.4 MANEJO

Os animais permaneceram em piquetes de grama Estrela (*Cynodon dactylon*) com área de 500 m², providos de sombra e cocho com cobertura de uma telha de cimento amianto de 2,44 metros de largura e comprimento total de 30 m, com piso de concreto de 2,5 m de largura em toda extensão e providos de bebedouro localizado ao lado da sombra.

Os animais eram ordenhados duas vezes ao dia, sendo a primeira ordenha realizada às 8 horas e, a segunda, às 16 horas, com ordenhadeira mecânica da marca Westfalia® e do tipo Tandem. O controle leiteiro era realizado duas vezes ao dia e, semanalmente, retirava-se amostra para determinação do teor de gordura do leite.

4.5 PARÂMETROS AVALIADOS

4.5.1 Produção e composição do leite

Diariamente foram medidas as produções de leite de cada animal em cada ordenha e coletadas amostras semanais para a determinação dos teores de gordura (método de Gerber).

4.5.2 Parâmetros fisiológicos

Diariamente às 8:00 h e 14:00 h, foram registradas a frequência

cardíaca, a frequência respiratória e a temperatura retal de 3 animais, eleitos no início do experimento, de cada tratamento, sendo 2 da raça Holandesa e 1 da raça Pardo Suíça.

Para efetuar as medidas de frequência cardíaca utilizou-se de estetoscópio B-D e de cronometro marca Cassio, sendo contados os batimentos cardíacos por 15 segundos. O valor final era obtido através da média de 3 medições consecutivas

Para a obtenção dos valores da frequência respiratória se mediu, durante 15 segundos, os movimentos respiratórios. O valor final era obtido através de média de 3 medições consecutivas

A temperatura retal foi registrada com termômetro digital marca Bells, com dispositivo de alerta de estabilização da temperatura.

Essas medidas eram realizadas sempre antes das ordenhas (8 e 14 horas) , de maneira a não provocar movimentação excessiva nos animais.

A figura 14 mostra os equipamentos utilizados nas medidas dos parâmetros fisiológicos dos animais.



Figura 14 - Equipamentos para as medidas da temperatura retal, frequência cardíaca e frequência respiratória.

4.5.3 Parâmetros meteorológicos

Foram coletadas as temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido, de globo negro e umidade relativa. As medições foram realizadas as 8:00, 11:00, 14:00 e 17:00, horas durante os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro. Os equipamentos foram posicionados na altura do dorso dos animais com o objetivo de se avaliar o microclima real ao qual os animais estavam expostos.

A figura 15 mostra os equipamentos utilizados tanto no abrigo meteorológico onde foram coletados os dados externos, como nos tratamentos.



Figura 15 - Equipamentos utilizados para medidas climatológicas nos tratamentos
termômetro de bulbo negro e termohigromêtro

Para a obtenção das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido foram utilizados higrômetros da marca Incotherm®, com escala variando de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, e sensibilidade de 1°C . Na coleta da temperatura ambiente e da umidade relativa, dentro dos tratamentos, foram utilizados termômetros digitais da marca Thermo Hygro. Para a coleta de temperatura de globo, foram utilizados termômetros de globo, confeccionados com bóias plásticas pintadas com tinta preta fosca, sendo inseridos em seu interior termômetros de mercúrio da marca Incotherm®, com escala variando de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e sensibilidade de 1°C . As

temperaturas máximas e mínimas foram coletadas através de termômetros de máxima e mínima de mercúrio, também da marca Incotherm®, com escala variando de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, e sensibilidade de 1°C

4.6. Análise Estatística

Para os parâmetros de produção de leite e porcentagem de gordura no leite foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos (sombra, sombra + ventilação, sombra + ventilação + aspersão) e 6 repetições (animais). Para os parâmetros de frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura retal foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos (sombra, sombra + ventilação, sombra + ventilação + aspersão) e 3 repetições (animais).

Para os dados ambientais (temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro) foi utilizado um esquema fatorial 4X4 (4 ambientes e 4 horários, com 184 repetições relativo aos dias).

Os quadros com os modelos de análise de variância resultantes encontram-se nos quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1. Quadro de Análise de variância para os parâmetros produção e composição do leite:

Causas de Variação	G. L.
Ambientes (A)	2
Resíduo	15
Total	17

GL= grau de liberdade

Quadro 2. Quadro de Análise de variância para os parâmetros frequência respiratória, cardíaca e temperatura retal:

Causas de Variação	G. L.
Ambientes (A)	2
Resíduo	6
Total	8

GL= grau de liberdade

Quadro 3. Quadro de Análise de variância para os parâmetros temperatura ambiente, umidade relativa e temperatura do globo negro:

Causas de Variação	G. L.
Ambientes (A)	3
Horários (H)	3
Interação AxH	9
Resíduo	2628
Total	2643

GL= grau de liberdade

As análises estatísticas foram feitas com o uso do programa computacional S-PLUS 4.5. A comparação das médias foi feita pelo teste Fisher LSD, cujos níveis de significância são apresentados nas tabelas constantes dos resultados. 5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística dos dados referentes aos parâmetros ambientes são apresentados no quadro 4. A comparação das médias foi feita pelo teste Fisher LSD.

Quadro 4. Quadro de valores médios para os parâmetros ambientais (TBS, UR e TG)

Fatores	Parâmetros		
	TBS °C	UR%	TG °C
Ambientes (A)	27,27**	56,77**	135,49**
Horários (H)	436,42**	232,69**	221,43**
Interação AxH	2,24**	66,30**	3,72*
C.V (%)	20,80	25,55	28,32

TBS= temperatura de bulbo seco; UR= umidade relativa;
TG= temperatura de globo negro; * 5%; **1%

De acordo com os resultados da análise estatística apresentados no quadro acima, pode-se verificar que ocorreu interação entre os fatores ambiente e horário. Dessa maneira realizou-se o desdobramento da análise estatística referente a esta interação, cujos resultados estão descritos a seguir.

5.1. Análise estatística dos valores resultantes da interação ambiente X horário

No quadro 5 são mostrados os valores de F referentes à interação ambiente X horário, no horário das 8:00 h.

Quadro 5. Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da Interação A x H, para as 8:00 h ($\alpha= 5\%$).

Fatores	Parâmetros		
	<i>TBS</i>	<i>UR%</i>	<i>TG</i>
<i>Ambientes</i>			
P	16,05 b	57,84 c	24,52 c
S	19,36 a	73,99 b	20,66 b
SV	19,08 a	77,76 b	19,69 a
SVA	18,41 a	76,18 ab	19,47 a
C. V. (%)	28,64	17,98	19,40

Onde:

P = dados coletados no abrigo meteorológico, e temp. de globo ao sol

S = tratamento só com sombras

SV = trat. S acrescido de ventilação forçada

SVA = trat. S acrescido de ventilação e aspersão

Quanto aos resultados acima pode-se observar que, para a temperatura de bulbo seco, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Porém, os resultados dos tratamentos com sombra são piores do que o observado no abrigo. Isso deve-se ao fato de que o abrigo é completamente vedado às formas de radiação solar direta e indireta, enquanto que as sombras somente protegem da radiação solar direta. Convém mencionar que os equipamentos de ventilação e de ventilação associados à nebulização estavam programados para iniciar seu funcionamento a partir de 25 °C, de maneira que, nesse horário, em valores médios, não havia a influência do efeito do equipamento, somente prevaleceu o efeito da sombra.

Quanto à temperatura de globo negro, os resultados mostraram que,

nos tratamentos com sombra, os valores médios foram menores, embora não tenha havido diferença estatística entre os tratamentos SV e SVA, estes tiveram um desempenho melhor que o tratamento S, mostrando que os equipamentos funcionaram como um dispersor da radiação solar indireta.

Quanto à umidade relativa o melhor resultado continuou sendo aquele obtido no abrigo, pela mesma razão antes disposta, uma vez que as sombras totalmente abertas estão sujeitas à umidade relativa do ambiente macro. Ainda assim, os valores médios obtidos estão dentro dos esperados e inferiores ao limite máximo recomendado, que é 80%% (CIGR, 1984)

No quadro 6 são mostrados os valores de F referentes à interação ambiente X horário, no horário das 11:00 h.

Quadro 6. Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da Interação AxH, para as 11:00 h ($\alpha=5\%$).

Fatores <i>Ambientes</i>	Parâmetros		
	<i>TBS</i>	<i>UR%</i>	<i>TG</i>
P	22,68 b	65,97 b	34,57 c
S	25,13 a	54,07 a	27,07ab
SV	25,43 a	55,54 a	27,64 b
SVA	24,92 a	54,16 a	25,50 a
C. V. (%)	21,56	22,99	30,17

Quanto aos resultados pode-se observar que, para a temperatura de bulbo seco, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Porém os resultados dos tratamentos com sombra foram piores do que aquele observado no abrigo. Isso deve-se ao fato de que o abrigo é completamente vedado às formas

de radiação solar direta e indireta, enquanto as sombras somente protegem da radiação solar direta, resultados semelhantes àqueles referentes ao horário anteriormente analisado.

Quanto à temperatura de globo negro, os resultados mostraram que, nos tratamentos com sombra, os valores médios foram menores do que aqueles obtidos no abrigo. Embora tenha havido diferença entre os tratamentos SV e SVA, o tratamento onde houve somente sombra foi semelhante aos tratamentos SVA e SV, sendo que o tratamento SVA apresentou o menor valor absoluto de temperatura de globo e, quando comparado este tratamento com o abrigo, as diferenças foram de cerca 9 °C, mostrando também que os equipamentos funcionaram como um dispersor da radiação solar indireta.

A umidade relativa não diferiu entre os tratamentos com sombra, porém o tratamento padrão, relativo ao abrigo, apresentou valor superior, diferindo estatisticamente dos demais. Quer seja a ventilação natural ou artificial ambas funcionam como um dispersor de umidade relativa; isto deve-se ao fato de que o abrigo encontra-se mais protegido, também reduzindo a velocidade natural do vento incidente.

No quadro 7 são mostrados os valores de F referentes à interação ambiente X horário, no horário das 14:00 h.

Quadro 7. Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da Interação AxH, para as 14:00 h ($\alpha=5\%$).

Fatores	Parâmetros		
	<i>TBS</i>	<i>UR %</i>	<i>TG</i>
Ambientes			
P	25,87 b	69,31 b	37,40 c
S	27,41 a	46,36 a	31,00 b
SV	27,51 a	46,55 a	28,29 a
SVA	27,30 a	46,00 a	27,75 a
C. V. (%)	16,51	26,00	34,61

Não houve diferença significativa entre os valores médios de temperatura de bulbo seco encontrados nos tratamentos com sombra, para as 14:00 horas, tendo sido maiores que o valor encontrado no abrigo, provavelmente pela mesma razão descrita anteriormente. Quanto aos valores de temperatura de globo negro, os valores encontrados para os tratamentos contendo os equipamentos de ventilação e ventilação e nebulização são menores, não diferindo entre si, enquanto que a sombra sem equipamento manteve valores mais altos, embora inferior ao que fora observado dentro do abrigo evidenciando, dessa forma, a eficiência da sombra artificial na redução da incidência de radiação solar direta.

Observando-se os dados pode-se afirmar que, somente a sombra artificial promoveu uma redução de cerca de 20% na temperatura de globo negro.

Considerando que este è o pior horário do dia, onde há grande desconforto térmico, pode-se afirmar que a presença de sombras artificiais seria de grande benefício para promover melhorias no conforto térmico das vacas em

lactação, com conseqüente aumento no desempenho do animal, o que está de acordo com o que afirmara por MACHADO (1988)

No tratamento onde houve a sombra com ventilação e nebulização, os valores de temperatura de globo chegaram a ser 9,6 °C inferiores ao valor obtido no abrigo.

No tocante à umidade relativa pode-se observar que, nos três tratamentos com sombra artificial, os valores médios foram significativamente menores do que aqueles observados no abrigo, provavelmente devido à dispersão natural proveniente da presença de ventilação.

No quadro 8 são mostrados os valores de F referentes à interação ambiente X horário, no horário das 17:00 h.

Quadro 8. Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao desdobramento da Interação AxH, para as 17:00 h ($\alpha= 5\%$).

Fatores	Parâmetros			
	Ambientes	<i>TBS</i>	<i>UR %</i>	<i>TG</i>
P		25,09 b	68,35 c	31,86 c
S		26,10 a	48,69 b	27,57 b
SV		25,84 ab	50,46 ab	26,78 b
SVA		25,08 b	52,86 a	25,39 a
C. V. (%)		18,74	35,80	19,59

Os resultados mostraram que, com relação à temperatura de bulbo seco, continuou a tendência de que a temperatura no abrigo fosse menor que as demais, embora nesse horário as temperaturas de bulbo relativas à sombra com equipamentos e do abrigo não diferenciassem estatisticamente entre si, sendo que

o valor de SVA, em valor absoluto, foi o menor deles.

Com relação à temperatura de globo negro foram observadas as mesmas tendências, sendo que o menor valor absoluto foi atribuído ao tratamento SVA, o qual diferiu estatisticamente dos demais. Os tratamentos que tiveram sombra (S e SV) foram estatisticamente diferentes do abrigo. Para as vacas alojadas no tratamento SVA houve uma exposição a temperaturas de radiação mais amenas do que as demais, durante o período entre última ordenha e a ordenha do dia seguinte.

Como o tratamento SVA tem a componente de nebulização, espera-se que a umidade relativa nesse tratamento mantenha-se em níveis mais elevados, principalmente se considera-se que devido às altas temperaturas o equipamento se manteve mais tempo ligado. Os dados mostraram que a umidade relativa no tratamento SVA foi maior do que aquela referente aos demais tratamentos de sombra, mas se manteve menor do que o abrigo, o qual, conforme descrito anteriormente está sujeito à reduzida velocidade de vento natural.

Os valores médios da Carga Térmica Radiante são mostrados no quadro 9

Quadro 9. Valores médios da Carga Térmica Radiante (W)

TRAT/HOR	8:00	11:00	14:00	17:00
P	455,05	522,54	541,02	498,38
S	423,31	462,17	488,83	464,64
SV	416,89	466,01	468,21	459,12
SVA	416,22	450,89	464,45	449,88

Com base nos valores obtidos podemos afirmar que os tratamentos tiveram um efeito positivo na redução da CTR , quando comparado com o tratamento ao sol. Quanto à ação dos equipamentos, estes tiveram um efeito positivo principalmente no horário das 14:00 horas, onde as diferenças entre eles foi maior, sendo que o tratamento SVA apresentou o menor valor de CTR, seguido de SV e de S. Essa tendência permaneceu também no horário das 17:00 horas.

A representação gráfica dos valores de F resultantes do desdobramento da interação A x H para os parâmetros temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e o gráfico representativo dos valores da carga térmica radiante são mostrados respectivamente nas Figuras 16 , 17, 18 e 19.

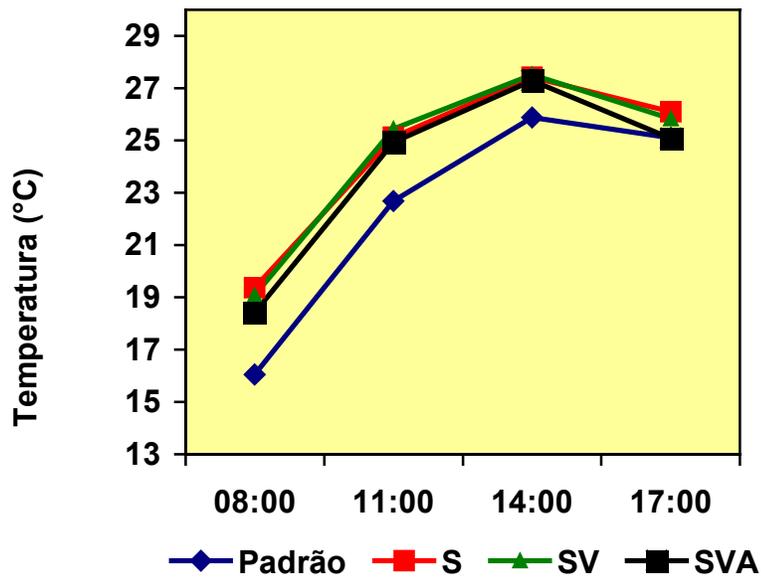


Figura 16: Representação gráfica dos valores de F, resultantes do desdobramento da interação AxH para o parâmetro temperatura de bulbo seco

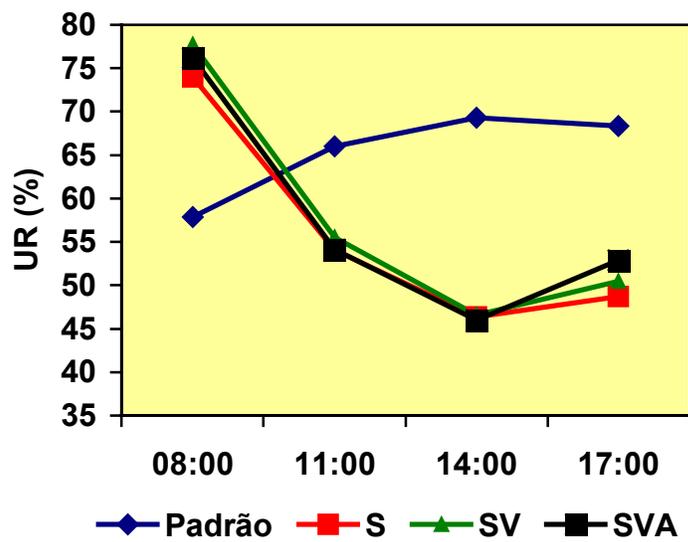


Figura 17: Representação gráfica dos valores de F, resultantes do desdobramento da interação AxH para o parâmetro umidade relativa do ar (UR)

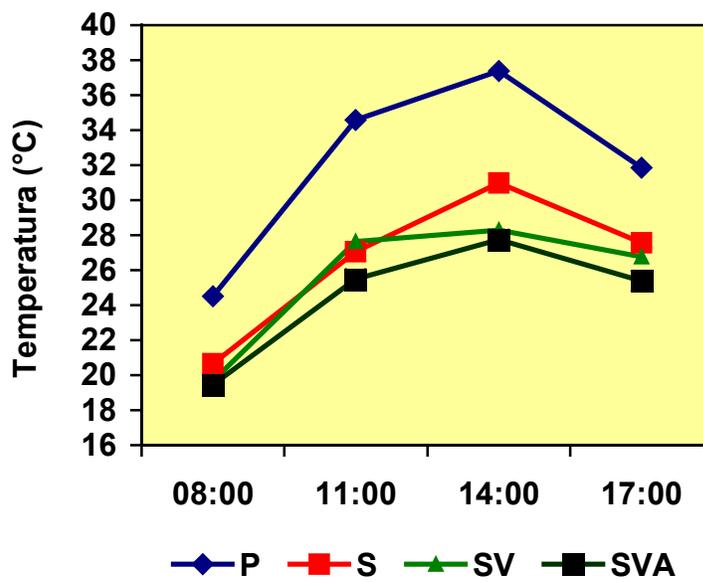


Figura 18: Representação gráfica dos valores de F, resultantes do desdobramento da interação AxH para o parâmetro temperatura de Globo Negro

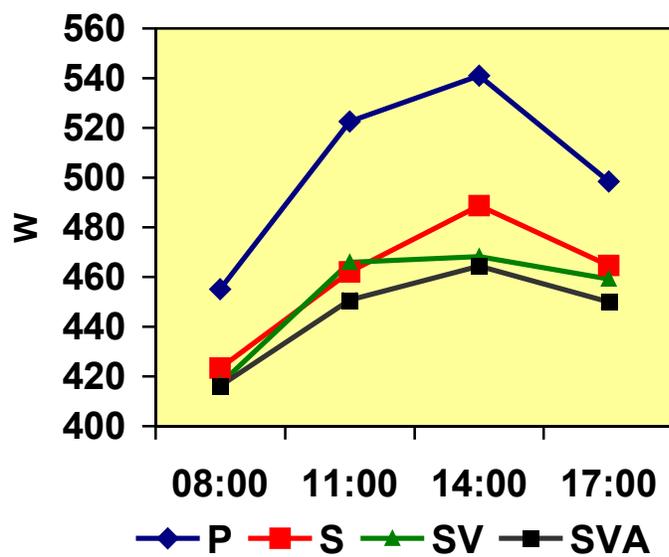


Figura 19: Valores médios da Carga térmica radiante (w)

5.2. Análise estatística dos valores relativos aos parâmetros frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura retal.

No quadro 10 são mostrados os valores de F referentes para os tratamentos com relação ao dados fisiológicos para o período da manhã.

Quadro 10. Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação ao dados fisiológicos para o período da manhã ($\alpha= 1\%$ e 5%).

Fatores		Parâmetros	
Ambientes	FR	FC	TR
S	34,48 a	68,02 c	38,18 b
SV	32,56 b	70,45 b	38,13 b
SVA	34,76 a	75,25 a	38,33 a
Valores de F			
Ambiente	10,99**	99,89**	38,22**
C. V. (%)	24,46	11,87	1,1

Como se pode ver, os resultados foram que a frequência respiratória teve um comportamento muito semelhante entre os tratamentos, diferindo apenas no tratamento S. O período da manhã se refere a duas coletas de dados, sendo uma às 8:00h e a outra às 11:00h. Provavelmente os equipamentos se mantiveram desligados até que a temperatura ambiente alcançasse níveis acima de 25 °C, o que deve ter acontecido por volta das 10 horas, como mostram os dados dos quadros 6 e 7. Esta análise se refere ao efeito sombra artificial, muito mais do que ao efeito sombra + equipamento. Esta situação inverte-se nas horas relativas às medidas da tarde.

Com relação à frequência cardíaca, os resultados mostram que os melhores resultados foram obtidos no tratamento S, seguidos do SV e do SVA. Isto, provavelmente, deve-se ao fato já explicado anteriormente. Quanto a temperatura retal houve diferença entre os tratamentos, sendo que o tratamento SV apresentou a menor média seguido do tratamento S e do SVA. Salientamos que a diferença entre os tratamentos S e SV foi de 0,5 °C e, deste para o SVA foi de 0,15 °C.

O quadro 11 mostra os resultados na parte da tarde.

Quadro 11. Quadro dos valores médios para os tratamentos com relação aos dados fisiológicos para o período da tarde ($\alpha = 1\%$ e 5%).

Fatores	Parâmetros		
	<i>FR (99%)</i>	<i>FC (95%)</i>	<i>TR (95%)</i>
Ambientes			
S	47,61 c	80,46 c	38,52 b
SV	40,38 a	81,68 b	38,42 c
Sva	42,78 b	88,44 a	38,59 a
Valores de F			
Ambiente	46,03**	116,88**	28,02
C. V. (%)	28,97	10,93	0,96

Os resultados obtidos indicam que a frequência respiratória teve o seguinte comportamento: o tratamento SV mostrou melhor resultado, seguido pelo tratamento SVA e, depois, pelo S.

Com relação à frequência cardíaca, os resultados mostram que os melhores resultados foram obtidos no tratamento S, seguido do SV e do SVA.

Na temperatura retal os três tratamentos diferiram estatisticamente,

entretanto, em números absolutos, o valor médio obtido foram bastante semelhantes sendo que a maior diferença entre eles foi de 0,17 °C.

A representação gráfica dos valores de F para os parâmetros frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura retal, nos períodos da manhã e tarde, são mostrados nas figuras 20, 21, 22 respectivamente.

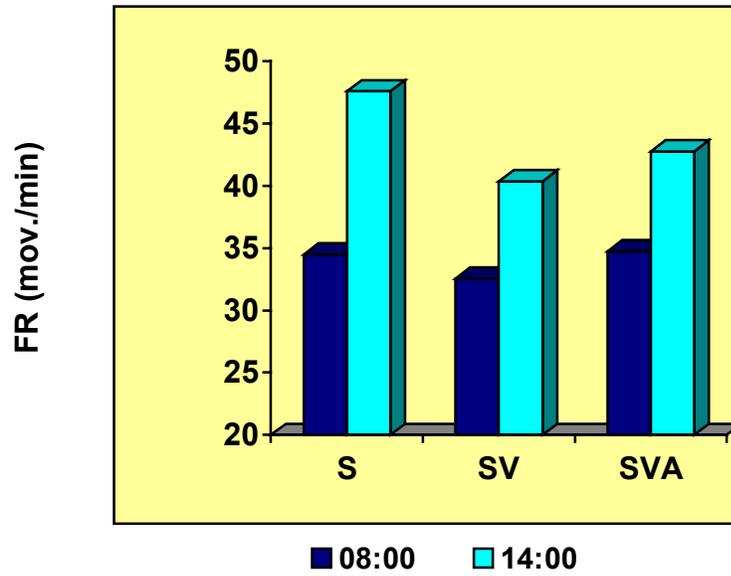


Figura 20: Representação gráfica dos valores de F, relativos aos tratamentos com relação ao parâmetro frequência respiratória

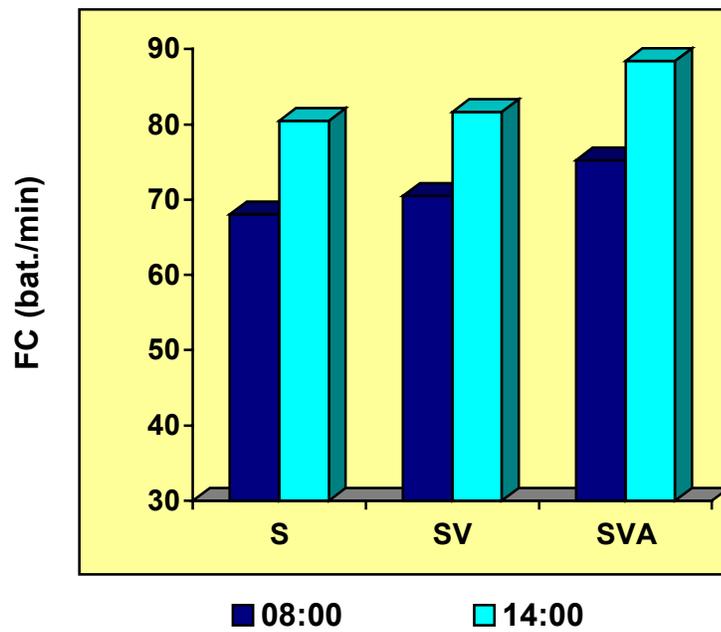


Figura 21: Representação gráfica dos valores de F, relativos aos tratamentos com relação ao parâmetro frequência cardíaca

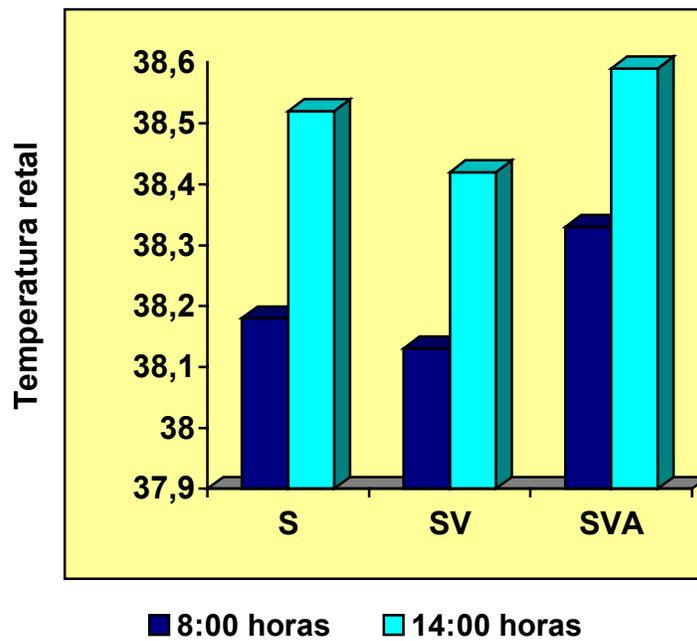


Figura 22 : Representação gráfica dos valores de F, relativos aos tratamentos com relação ao parâmetro temperatura retal

5.3. Análise estatística dos valores relativos à produção de leite.

Quanto à produção de leite, os resultados estão sumarizados na quadro 12.

Quadro 12. Quadro dos valores médios de produção de leite nos períodos de manhã e tarde, e total, para os tratamentos ($\alpha= 1\%$).

Fatores	Parâmetros		
	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>Total</i>
Ambientes			
S	11,71 c	6,44 b	18,20 c
SV	12,48 b	6,71 a	19,19 b
SVA	13,74 a	6,78 a	20,53 a
Valores de F			
Ambientes	346,27**	23,97**	174,00**
C. V. (%)	14,49	18,22	15,20

Os dados mostram uma maior produção média de leite total no período da manhã, para as vacas que receberam o tratamento SVA, seguida do tratamento SV e do tratamento S. No período da tarde, os tratamentos SVA e SV não apresentaram diferenças estatísticas entre si, embora o tratamento SVA tenha apresentado uma maior média. Quando se comparam os tratamentos SVA e SV com o tratamento S existem diferenças significativas, evidenciando os benefícios proporcionados pelo uso dos equipamentos de ventilação e de aspersão.

Ao analisar-se a produção de leite total do dia, os dados relativos ao tratamento SVA apresentaram uma maior média, a qual diferiu estatisticamente dos tratamentos SV e S, sendo o tratamento SV melhor que o tratamento S. Em números absolutos, as vacas que estiveram submetidas ao tratamento SVA obtiveram uma média de produção de leite 12% superior ao tratamento S, sendo que as do tratamento SV foram 5% superiores ao tratamento S. Porém, se

comparar-se o tratamento SVA com o SV, os valores absolutos indicam um acréscimo de 6%.

Esses valores estão de acordo com os citados por BUCKLIN et al. (1991), que encontraram valores 11,6% superiores em vacas recebendo resfriamento através de aspersores, e apresentando produções de 18,1 e 20,2 kg de leite por dia, os quais são similares às encontradas neste estudo. Os autores afirmaram, ainda, que a utilização de aspersão e ventilação associado com o uso de sombras vem sendo largamente utilizado e tem mostrados aumentos de 10 a 25%, em comparação com as vacas que somente recebem sombras.

Resultados semelhantes foram encontrados por HALL et al.,(1997) , no qual vacas que recebiam aspersão de água sempre que a temperatura atingiu 26°C, apresentaram produções de 4,8 kg a mais, quando comparadas com aquelas que eram submetidas a tratamento sem aspersão.

Esses dados são similares, ainda, àqueles encontrados por FRAZZI (1998) no qual se afirma que reduções na produções de leite de 11%, 9%, 8% e 3,7%, são obtidos quando os animais foram submetidos a ventilação natural, ventilação forçada, ventiladores com aspersão de água e resfriamento com água fria.

Outro fato a se considerar são os valores médios de THI calculados, os quais mostram que o tratamento SVA apresentava no horário da 17 horas um índice menor, o que indicaria que, os animais estavam deixando a situação de estresse antes de que os animais de outros tratamentos. Essa recuperação mais

rápida estaria favorecendo a ordenha do dia seguinte, fato esse que, ficou evidenciado pela maior produção de leite apresentada. Podemos ainda concluir pela análise dos dados que os 3 tratamentos apresentaram THI menor que o determinado no abrigo Meteorológico, nas horas críticas do dia. Esses dados estão de acordo com os encontrados por JOHNSON (1980), nos quais o autor afirma que, a partir de um THI superior a 72 as vacas apresentam declínio na produção de leite. IGONO et al. (1985) ressaltou que a aspersão é benéfica mesmo em verão moderado, no qual o THI foi de 73,9, valores esses semelhantes ao encontrados nesse trabalho.

Os valores médios de THI são apresentados no quadro 13

Quadro 13 : Valores médios de THI para os tratamentos

	8:00 (horas)	11:00 (horas)	14:00 (horas)	17:00 (horas)
P	60	70	75	74
S	66	72	74	73
SV	65	73	75	73
SVA	64	72	74	72

A representação gráfica dos valores médios dos tratamentos relativos à produção de leite nos períodos da manhã, da tarde e a produção total do dia, são mostrados na figura 23.

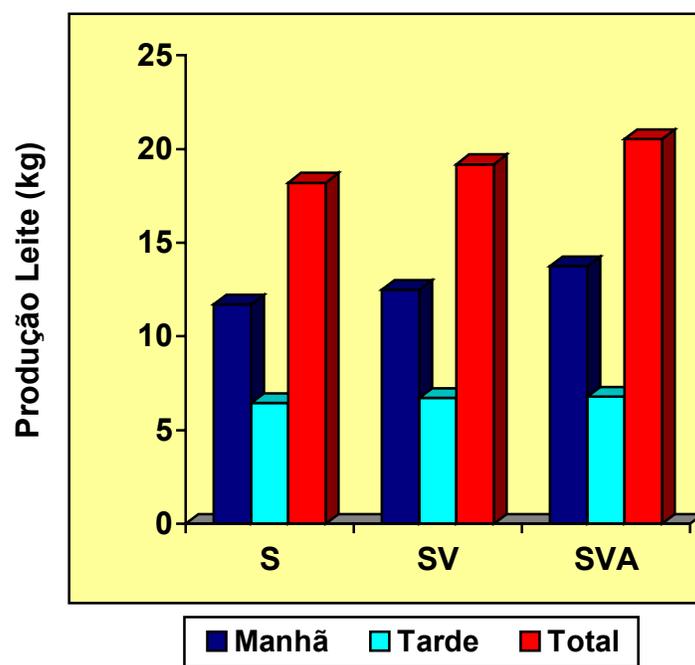


Figura 23: Representação gráfica dos valores médios dos tratamentos relativos á produção de leite (kg) nos períodos manhã, tarde e produção total do dia.

5.4. Análise estatística dos valores relativos à percentagem de gordura do leite.

O quadro 14 mostra os valores médios de percentagem de gordura para os diversos tratamentos

Quadro 14. Quadro dos valores médios de percentagem de gordura para os tratamentos ($\alpha=5\%$)

Fatores	% Gordura
Ambientes	
S	4,08 ^a
SV	4,04 ^a
SVA	4,17 ^a
Valor de F	
Ambientes	1,68 ^{NS}
C. V. (%)	12,91

Não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados, porém o tratamento SVA apresentou percentuais maiores que os demais tratamentos.

Esses valores estão de acordo com o que foi afirmado por HEAD (1989) e por RODRIGUES et al. (1985) para os quais altas temperaturas provocam quedas na produção de gordura e componentes do leite. Embora os valores obtidos neste experimento sejam superiores àqueles obtidos pelos autores.

A representação gráfica dos valores médios dos tratamentos com relação à porcentagem de gordura do leite são mostrados na figura 24.

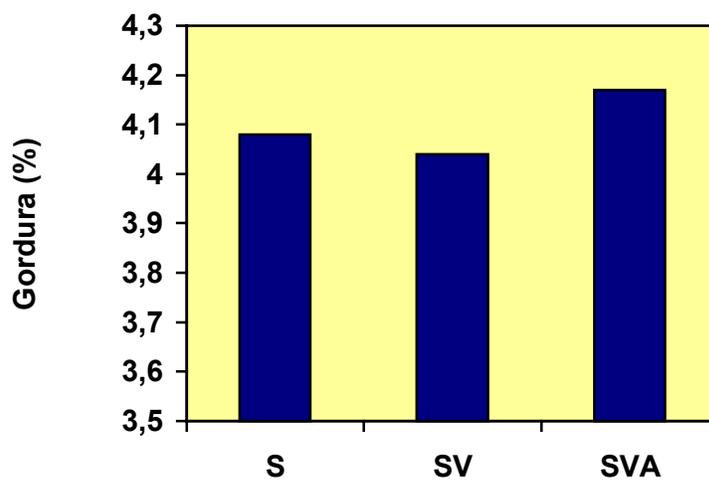


Figura 24: Representação gráfica dos valores médios dos tratamentos relativos à porcentagem de gordura do leite .

6. CONCLUSÕES

Baseado nas condições em que foi desenvolvido o experimento e tendo em vista os resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

1. Desempenho do ambiente de alojamento das vacas em lactação

- Com base nos dados ambientais todos os tratamentos que utilizaram sombra artificial foram estatisticamente melhores àqueles obtidos no abrigo meteorológico, indicando a eficiência do uso de sombra artificial para a redução da carga térmica de radiação solar direta.
- O uso da sombra provocou reduções significativas nas temperaturas de bulbo seco e nas temperaturas de globo negro, em todos os horários do dia.
- Quanto à umidade relativa, não houve diferença significativa entre os tratamentos; porém os tratamentos com sombra diferiram estatisticamente do abrigo em todos os horários do dia, apresentando melhores resultados.

2. Desempenho produtivo das vacas em lactação

- Embora tenha havido diferença estatística, com relação aos parâmetros fisiológicos entre os tratamentos, estas foram não conclusivas, provavelmente

devido ao pequeno número de repetições (vacas por tratamento) utilizados no experimento.

- As vacas alojadas no tratamento SVA estiveram em uma exposição a temperaturas de radiação mais amenas do que as demais, durante o período entre última ordenha e a ordenha do dia seguinte, o que poderia explicar o melhor resultado no desempenho produtivo.
- O tratamento SVA foi o que apresentou melhor resultado absoluto nos níveis de percentagem de gordura, embora, esses dados não tenham sido estatisticamente significativos.

O tratamento contendo sombra artificial associado a ventilação mais nebulização foi o melhor tratamento utilizado, sendo portanto recomendado para vacas em lactação alojadas em piquetes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRIGHT, I.D. Behavioral - considerations – Animal density, concrete/ footing. **Proc. National Reproduction Symposium**, Pittsburgh, P.A, 1994. pp.171-176.
- ALUCCI, M.P. Critérios relativos no atendimento das exigências de ventilação na habitação. **A construção**. 1983. No. 186. p.11-16.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND REFRIGERATION AND AIR CONDITIONED ENGINEERS. **Handbook of fundamentals**. Environment, New York, 1985. P. 139-198.
- ARMSTRONG, D. V., Heat stress interaction with shade and cooling. **J. Dairy Sci.** 1994. 77: 2044-2050.
- BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de Manejo na produção de Leite em Clima Quente. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**. Anais ESALQ-FEALQ, Piracicaba, 1998. pp. 24-67.
- BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental para a produção de leite nos trópicos. In: **Ciclo internacional de palestras sobre bioclimatologia animal**, 1. Anais. Jaboticabal : FUNEP, 1986. pp. 45-53.
- BACCARI JUNIOR, F.; AGUIAR, I.S.; DeL FAVA, C.; BRASIL, L.H.; GOTTSCHALK, A.F. Comportamento adaptativo termorregulado de vacas holandesas sob radiação solar direta mediante o aproveitamento de sombra e água. **Actas VI Congresso de Zootecnia**, Lisboa, 1997. 2: 231-336.
- BAÊTA, F.C. Instalações para gado leiteiro na região do Mercosul. In: **Congresso Brasileiro de Biometeorologia**, 2. Anais SBB, Goiânia, 1998. pp. 162-173.

- BAETA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D.; JHONSON, H.D. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows. **Trans. ASAE**, Paper No 8874015.1987. 21p
- BOND, T.E.; KELLY, C.F.; MORRISON, S.R.; PEREIRA, N. Solar, atmospheric and terrestrial radiation received by shaded and unshaded animals. **Transactions of the ASAE**, 1967. 10: 622-625.
- BOND, T.E.; NEUBAUER, L.W.; GIVENS, R.L. The influence of slope orientation on effectiveness of livestock shades. **Transaction of the ASAE**, 1976. 19 (11): 134-6.
- BRUCE, J.M. Ventilation of a model livestock building by thermal buoyancy. **Transactions of the ASAE**, 1982. 25 (6): 1724-1726.
- BUCKLIN, R.A.; BEEDE, D.K.; BRAY,D.R. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **App. Eng. Agric.**, 1991. 7: 241.
- BUCKLIN, R.A.; BRAY,D.R. The American Experience in Dairy Manegementin Warm and Hot Climates **Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, 1998. pp. 156-174.
- BUFFINGTON, D.E., SKINNER, T.C. Solar Radiation and Wind Effects as Functions of Building Orientation. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, ASAE, 1980. pp. 1482 – 1486.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans ASAE**, 1981. 24: 711-14.

CARGILL,B.F.; STEWART, R.E. Effects of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein cows. **Trans. ASAE**. St Joseph, MI,1966. 9(5): 702-708.

CAVALHEIRO, F. Arborização urbana: planejamento, implantação e condução. In: congresso brasileiro de arborização urbana, 2.; encontro nacional de arborização urbana, 5., são luís, 1994. **Anais**. São Luís: SBAR, 1994. pp. 227-231.

CHANCELLOR, W.J. Cool tropical building: lessons from old style designs. In: INTERNATIONAL WINTER MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY AGRICULTURAL ENGINEERING, Chicago, 1991. ASAE, Chicago, 1991. Paper No 914521. 19p.

CIGR, 1984. **Climatization of animal houses**. Report of Working Group.1984.72p.

COSTA, E.C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 265p.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: Iowa State University Press, 1983. 407p.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: ABI Pub, 1982. 1325p.

FOLMAN,Y.; BERMAN,A.; HERTZ,Z.; KAIM,M.; ROSEMBERG,M.; MAMEN,M.; GORDIN,S. Milk yeldand fertilyof of hight-yelding dairy cows in a subtropical climate during summer and inter. **J. Dairy Res**. 1979. 46:411-425.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L. & CALEGARI. Diferentes systems of air conditioning for dairy cows housing in Mediterranean climate. In: **Internacional Congress on agricultural Engineering.**, 13 th Marrocos, 1998.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F.; MAIANTI,M.G.; CAPPA, V. The Aeration, with and without misting: Effects on heat stress in dairy cows. **Proceeding of the fifth International Symposium** , Minnesota, 1997. p.907-914.

FRAZZI,E.; CALAMARI,L., CALEGARI,F., STEFANINI L. Behavior of dairy cows with different cooling systems during the summer. **Fourth International Dairy House Conference**, St Louis, Missouri, 1998 a. p. 224-231.

FUQUAY,J.W. Heat stress as it affects animal production. **Livestock Enviroment V**. 1997. 2: 1133-1137.

GHELFI FILHO, H,; SILVA I.J.O.; MOURA, D.J. CONSIGLIERO, F.R. Índice de conforto térmico e CTR para diferentes materiais de cobertura em três estações do ano. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 1991. Londrina - PR, **Anais..**, - Londrina - PR. SBEA, 1992. p. 94-110.

HAHN, G.L.; NIENABER, J. A. Summer weather variability and livestock production. St. Joseph: ASAE, 1976. Paper 761033. 12p.

HALL, A.B., YOUNG, B.A.,GOODWIN, P.J., GAUGHAN, J.M., DAVISON, T. Alleviation of excessive heat load in the hight producing dairy cow. **Livestock Environment V**, 1997.2: 928-935.

HEAD, H.H. The strategic use of the physiological potential of the dairy cow. **Anais Simpósio Leite nos Trópicos: novas estratégias de produção**. Botucatu, 1989.p. 38-89.

- HEAD, H.H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: **Congresso brasileiro de Biometeorologia**, Anais, SBBiomet, Jaboticabal, 1995. pp.26-68.
- HEISLER, G.M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, 1974.72 (8): 466-469.
- HERNADEZ, J.F.; CASTELLANOS, A .Influencia de los baños refrescantes sobre el comportamiento productivo e reproductivo de razas especializadas y cruzadas en el trópico subhmedo AW(o). **Veterinária México**, 1983. 14: 6-11.
- HOYANO, A. Climatological uses of plants for solar control and effects on the thermal environment of a building. **Energy and Building**, 1988. 11: 181-199.
- HUBER,H. Manejo de animais em sistema de estabulação livre visando maximizar o conforto e a produção. Anais **II Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro. Piracicaba**, 1995.pp.41-68.
- IGONO, M. O., BJTVEDT, G., SANFORD - CRANE, H. T. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holsteins cows in desert climate. *Int. J. Biometeor.*1992. 36: 77-87.
- IGONO, M.O., STEEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D.; JOHSON, H.D. Spray cooling effects on milk production, milk and retal temperature of cows during a moderate temperature summer season. **J. Dairy Sci.** 1985. 68: 979-85.
- JOHNSON, H.D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. *Int. J. Biometeor.* 1980. 24: 65-78.

KRATZER, P. A. **The climate of cities**. Braunschweig: Vieweg and Sohn, 1956. 837p.

LALONI, L.A. Produção de leite baseada no índice de temperatura equivalente revisado para gado estabulado em semi confinamento Dissertação de mestrado. FEAGRI-UNICAMP, 1997. 107p.

LEE, J.E.; SEARS, F.W. **Termodinâmica**. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1992. 302p.

LEVA, P. Impacto Ambiental En La Produccion Lechera En la Cuenca Central Argentina **Anais S.B.Biomet.**, Goiania, 1998. p.129-135.

MACHADO, P.F. Efeitos da Alta Temperatura sobre a Produção, Reprodução e Sanidade de Bovinos Leiteiros. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, 1998**. p.179-188.

MARQUES, D. Calor : conhecimentos e cuidados para minimizar seus efeitos sobre os frangos. Amparo: **CASP**, 1992. 11p.

MASCARÓ, J.L.; MASCARÓ, L.M. **Uso racional de energia em edificações: Isolamento térmico**. São Paulo: Agência para Aplicação de Energia, 1988. 51p.

McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. Zaragoza, Ed. Acribia, 1975. 692p.

McGUIRE, M.A. Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and fluxes of metabolites in lactating cows. **J. Anm. Sci**, 1982. 67:1050-1060.

MOURA, D.J.; GHELFI FILHO, H.; SILVA; I.J.O., CONSIGLIERO, F.R. Materiais de construção: desempenho das telhas térmicas nos índices de conforto. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 1991, Londrina_PR . Anais... Londrina-PR: SBEA, 1992. p. 114-131.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Sulina, 1982. 158p.

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

NEUBAUER, L.W.; CRAMER,R.D. **Effect of size, shape, color, and orientation on temperature characteristics of model buildings**. ASAE. 1968. Paper No 68413. ASAE, St. Joseph, MI.

NEUBAUER, L.W.; CRAMER, R.D. Solar radiation control for small exposure houses. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, MI.1966 b. 9(2): 194- 197.

NEUBAUER, L.W.; CRAMER, R.D. **The effect of shape of building on the interior air temperature**. ASAE.1955a.Paper No. 66913. ASAE, St. Joseph, MI.

NEUBAUER, L.W. **Toward cooler buildings. Agricultural Engineering**. 1969. 50 (2). 80-81.

PEIXOTO, M.C.; LABAKI, L.C.; SANTOS, R.F. Conforto térmico em cidades: Avaliação do efeito da arborização no controle da radiação solar. In: **Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, Entac'93**, São Paulo,. **Anais**. São Paulo: ANTAC, 1993. p p. 629-634.

- PENATI, M.A.; CORSI, M.; Condições técnicas para localização e instalação da exploração leiteira. In: Planejamento da Exploração leiteira, Anais. **Simpósio sobre Produção Animal**, 1998. 10: 7-55.
- RANDAL, J.M. The prediction of airflow patterns in livestock buildings. **Journal Agricultural Engineering Research**, 1975.20(2): 199-215.
- RIVEIRO, R. **Arquitetura e Clima: (acondicionamento térmico natural)**. 2.ed. Porto Alegre: D.C. Luzzatto, 1986. 345p.
- RODRIGUES, L.A.; MCKONNEN, G., WILCOX, C.J., MARTIN, F.G., KRIENKE, W. A. Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation milk composition and yield. **J. Dairy Sci.** 1985. 68:973-978.
- ROMAN-PONCE, H.; THATCHER, W.W.; BUFFINGTON, D.E.; WILCOX, C.J.; VAN HORN, H.; H. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. **J. Dairy. Sci**, 1977. 60: 424-30.
- SARRIER, G.A. citado por MACHADO, P. Efeitos da Alta Temperatura sobre a Produção, Reprodução e Sanidade de Bovinos Leiteiros. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, 1998. Piracicaba- ESALQ-FEALQ. p.179-188.
- SATTLER, M. A. Arborização urbana e conforto ambiental. In: **Congresso brasileiro sobre arborização urbana, 1.; encontro nacional sobre arborização urbana, 4.**, Vitória, Anais. Vitória: SBAR, 1992. pp 15-28.
- SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agrícola**, Piracicaba-SP, 1995. 51(1): 1-7.

- SEVEGNANI, K.B. **Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelos em escala reduzida, simulando galpões para frangos de corte.** Campinas,. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1997. 64p.
- SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O., Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agrícola**, Piracicaba-SP, 1994. 51(1) pp. 1-7.
- SILVA, I.J.O. Climatização das Instalações para Bovinos Leiteiros. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, 1998. pp.114-145.
- SILVA, R. G. Produção de leite em regiões tropicais: antigos problemas e novas soluções. In: **Simpósio “Leite nos Trópicos – novas estratégias de produção”**, Anais, FMVZ-UNESP, Botucatu, 1989. p.2-37.
- TITTO, E.A.L. Clima : Influência na Produção de Leite. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**. Piracicaba, ESALQ-FEALQ, 1998. p.10-23.
- WATSON, H. **Insulation southern hog building.** National Hog Farmer. 1971. F10. 5p.
- WHITAKER, J.H. **Agricultural Building and Structure.** Heston: Heston Publishing Company, 1979. 306p.

WIERSMA, F.; STOTT, C.H. Evaporative cooling. In: HELLICKSON, M. A.;
WALKER, J.N. **Ventilation of agricultural structures**. St. Joseph, ASAE.
1983. p.113-118.