



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

ÍNDICE DE PREVISÃO DE PRODUÇÃO DE LEITE PARA VACAS JERSEY EM CLIMA TROPICAL

Luiz Antônio Laloni

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador:

Prof. Marcos Macari

Co-Orientadora:

Maria da Graça Pinheiro

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

Campinas, SP
Agosto de 2001

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

L158i Lalon, Luiz Antônio
Índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey
em clima tropical / Luiz Antônio Lalon. --Campinas, SP:
[s.n.], 2001.

Orientadores: Marcos Macari, Maria da Graça Pinheiro.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Construções rurais – Condições de clima quente. 2.
Bovino de leite. 3. Leite - Produção. 4. Corpo –
Temperatura - Regulação. I. Macari, Marcos. II.
Pinheiro, Maria da Graça. III. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Desde o início deste projeto, quando iniciei meu Curso de Doutorado na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, muitos colaboraram comigo, para que o mesmo fosse concluído. Para não deixar de citar um nome sequer, agradeço a todos com quem tive a oportunidade de trabalhar e conviver durante o transcorrer deste trabalho.

Agradeço a todo o Corpo Docente da FEAGRI/UNICAMP, pelos ensinamentos recebidos.

Agradeço ao Corpo Administrativo, pelas orientações, presteza e dedicação sempre presentes.

Agradeço aos colegas de curso pela camaradagem, solidariedade e companheirismo em todos os momentos e em tudo.

Agradeço aos meus filhos André, Mariana e Isabela, os quais, cada um de sua maneira, ajudaram-me ao longo dessa trajetória.

Minha especial gratidão ao Sr. Prof. Dr. Marcos Macari, pela orientação segura deste trabalho bem como à Sra. Dr^a. Maria da Graça Pinheiro minha co-orientadora. Agradeço profundamente ao Dr. José Ramos do Instituto de Zootecnia de Ribeirão Preto que ofereceu-me a oportunidade de contar com animais, instalações e pessoal auxiliar de pesquisa daquela organização. Como da ocasião de meu Mestrado agradeço imensamente Sra. Prof^a Dr^a Irenilza de Alencar Nääs pelas intervenções orientadoras sempre preciosas e oportunas. Agradeço profundamente a colaboração do estatístico Sr. Fernando Colugnati na análise de dados e conclusões estatísticas. É meu dever agradecer ao engenheiro Danilo Florentino Pereira que ao final de meu trabalho, quando recrudeceu a minha falta de visão ajudou-me digitando e formatando o texto, colocando-o em condições de editoração.

À minha amada e guerreira esposa DIANA

“Muito erra quem pouco pensa”

Leonardo DaVinci

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. A importância do leite	5
3.2. Histórico da raça Jersey.....	9
3.3. A Homeotermia animal	13
3.4. Estresse climático e adaptação fisiológica	17
3.5. Aclimação e mecanismos compensatórios	30
3.6. Acondicionamento de vacas e sua resposta produtiva	37
3.7. Índices de conforto térmico	40
4. METODOLOGIA.....	51
4.1. Seleção dos animais.....	51
4.2. Coleta de variáveis ambientais e fisiológicas.....	53
4.3. Análise dos dados	58
4.4. Metodologia estatística.....	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1. Análise das variáveis climáticas.....	63
5.2. Efeitos das variáveis climáticas na produção	69
5.3. Análise das variáveis dos animais	71
5.4. Modelo de previsão	74
6. CONCLUSÕES	79
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica da ilha de Jersey.....	10
Figura 2. Curva da produção de calor metabólico dos homeotermos, versus a temperatura ambiente (ESMAY, 1969).....	14
Figura 3. Representação esquemática da zona de termoneutralidade.....	15
Figura 4. Fases da síndrome de adaptação geral.....	19
Figura 5. Síndrome de adaptação geral - Resistência ao estresse.....	19
Figura 6. Respostas dos animais a estressores ambientais (adaptado de HAHN, 1993)	22
Figura 7. Trocas térmicas entre as vacas e o meio ambiente. TITTO (1998)	27
Figura 8. Resposta animal teórica à mudança climática periódica.	31
Figura 9. Vista parcial das vacas passando pelo chuveiro em funcionamento, no tratamento A..	52
Figura 10. Vista parcial das vacas na espera , no tratamento B.	53
Figura 11. Vista do termômetros de globo e do higrômetro.....	54
Figura 12. Vista dos equipamentos usados nas medidas fisiológicas.....	55
Figura 13. Vista do anemômetro utilizado	56
Figura 14: Esquema da planta baixa do local do experimento	57
Figura 15. Vista do termômetro de infravermelho utilizado para leitura da temperatura de pele.....	58
Figura 16. Dados diários de produção (I) e curva de interpolação para média diária	61
Figura 17. Médias e erro padrão para produção por tratamento, dentro do mês.....	63
Figura 18. Diagrama de correlação das variáveis climáticas (1º e 2º eixos).....	66
Figura 19. Agrupamentos dos dias em termos de perfil climático	68
Figura 20. Relações entre as variáveis climáticas selecionadas	69
Figura 21. Efeitos das variáveis climáticas na produção diária.	71
Figura 22. Gráficos de dispersão e curvas de tendência para temperaturas das peles na produção diária.	74
Figura 23. Produção predita pelo modelo ajustado.....	76
Figura 24. Valores preditos e observados de produção em função da temperatura máxima do solo.	76
Figura 25. Gráfico da produção de leite em função da precipitação.	78
Figura 26. Gráfico de dispersão e curvas de tendências para a produção de leite em função da precipitação.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparações entre a raça Jersey e as raças mais criadas.....	12
Tabela 2. Resumo dos dados de produção por tratamento (A e B) dentro do mês	60
Tabela 3. Análise de variância para efeitos de tratamento dentro (<i>nested</i>) no mês.....	62
Tabela 4. Diagrama para escolha de eixos na Análise de Componentes Principais (PCA).....	64
Tabela 5. Medidas descritivas das variáveis climáticas selecionadas.....	67
Tabela 6. Matriz de correlação	71
Tabela 7. Estatísticas descritivas para temperaturas de pele dos animais, por tratamento.....	72
Tabela 8. ANOVA para temperaturas de pele dos animais.....	73
Tabela 9. Coeficientes de regressão de temperaturas de pele sobre produção.....	73
Tabela 10. Modelo de regressão polinomial para previsão de Produção por Temperatura Máxima do Solo	75
Tabela 11. Teste de Breusch & Pagan para adequação da suposição de efeitos aleatórios.....	75
Tabela 12. Modelo de regressão simples de efeitos aleatórios para produção em função da precipitação.....	77
Tabela 13. Teste para efeito aleatório de Breusch e Pagan, resultados estimados.....	77

RESUMO

No Brasil, o uso de vários modelos de criação intensiva e semi-extensiva, desfavorece a adoção generalizada de métodos de manejo do gado bovino, principalmente do gado leiteiro, mesmo assim, a produção leiteira pode ser melhorada a partir do uso de tecnologias, que possam garantir o manejo adequado do rebanho. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey em lactação, de genética de alta produtividade, em regime semi-estabulado, nas condições tropicais. Para obtenção do índice considerou-se a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do ar, assim como valores de precipitação pluviométrica e a radiação solar como agentes estressores, os quais podem alterar a produção de leite. Foram ainda consideradas para obtenção do índice variáveis como: temperaturas da pele, a temperatura retal e a temperatura do solo no pasto. O experimento considerou dois tratamentos: Tratamento A - as vacas permaneceram por um período 30 minutos, antes da ordenha, em sala de espera guarnecida com chuveiro e ventiladores. Tratamento B – as vacas não tiveram acesso a esta sala de espera (controle). Fora do período de ordenha as vacas tiveram acesso ao pasto. Observou-se que os efeitos (diferenças de médias) estimados não são estatisticamente significantes. Mas fazendo uma interpretação destes coeficientes nota-se que há um aumento da produção média de em fevereiro (0,3 l aproximadamente em relação a abril (referência padrão)), sendo dentro deste mês também a maior diferença entre os tratamentos, onde o grupo do tratamento A apresentou um aumento

médio de 0,81 l aproximadamente em relação ao controle. Foram procedidas as análises para efeito de elaboração do modelo e chegou-se a um modelo factível considerando a relação produção e a variável precipitação: Produção de leite = $10,67 + 0,017$ (Precipitação).

ABSTRACT

In Brazil the adoption of several models of confinement leads to special condition for management methods in dairy production, and the milk production can be improved by the use of technology that assures better herd management. The objective of this research was to develop an index for predicting milk production for high productivity Jersey milking cows lodged in semi confinement in tropical conditions. For obtaining the index air temperature, relative humidity, air velocity as well as rain index and direct solar radiation, as factors influencing milk production were considered. Variables such as skin temperature, rectal temperature and pasture soil temperature were included in the evaluation for the index model. The experiment considered two treatments: Treatment A – cows waited for 30 minutes prior to milking in a room with a shower associated to a fan, and Treatment B – the cows did not had access to this room (control). Outside the waiting period the cows had access to pasture. Differences in the effect of estimated average production were not statistically significant. However when interpreting this coefficients it was found that there is an increase in production in February as 0.3 l approximately in relation to April (standard reference) and within this standard in this month it was also found that the larger difference occurred when Treatment A presented an average increase of 0.81 l approximately, in relation to the control treatment. The

analysis for studying the effect of designing the model led to an statistical model relating the variables milk production and rain index: $\text{Milk Production} = 10,67 + 0,017 (\text{Rain index})$.

1. INTRODUÇÃO

O prognóstico correto sobre a tendência tecnológica e o caminho futuro do leite no Brasil e no mundo, é uma grande incógnita, tendo em vista a globalização dos mercados. Desta forma, as adaptações e o sucesso da adoção de novas tecnologias, recaem sobre o custo efetivo das operações, progresso ou manutenção da qualidade, e ou melhor controle sanitário do rebanho.

No Brasil, a adoção de vários modelos de criação intensiva e semi-extensiva, desfavorece a adoção generalizada de métodos de manejo do gado bovino, principalmente do gado leiteiro, mesmo assim, a produção leiteira pode ser melhorada a partir do uso de tecnologias, que possam garantir o manejo adequado do rebanho.

Os animais domésticos são homeotermos, isto é, somente sobrevivem em uma delimitada faixa de temperatura corporal. Assim sendo, o ambiente térmico que os envolve tem participação direta na quantidade de calor trocado entre eles e o meio ambiente. Os homeotermos, conseqüentemente precisam manter um balanço térmico adequado entre o calor produzido pelos seus corpos e o calor que eles perdem, ou ganham, para o ambiente em que vivem.

O animal produz calor transformando a energia química dos alimentos que consome em energia ou trabalho. Portanto, se o balanço térmico for inadequado, poderá tal fato refletir de forma direta na saúde e produção dos animais. Conseqüentemente, os fatores referentes ao ambiente térmico são de suma importância na produção animal, devendo assim, serem minimizados seus efeitos, a partir de construções adequadas para abrigá-los.

Índices de conforto térmico foram propostos na literatura e hoje estão sendo usados em todo o mundo, servindo de parâmetros para se obter altas produtividades, já encontradas em produção intensiva de proteína animal das mais diversas espécies.

No Brasil, os índices de conforto térmico adotados para o gado leiteiro, em regime intensivo de estabulamento, já estão parcialmente identificados, no entanto, há um significativo número de produtores utilizando a produção leiteira em sistema de semi-estabulamento.

No exterior, o conceito de criação intensiva de animais tem-se modificado, e procura-se permitir uma maior movimentação aos animais entre as áreas, tanto de descanso, quanto de ordenha e alimentação.

Os requisitos de espaçamento, locação e separação dos componentes são ditados para um desenvolvimento mais flexível dos sistemas de criação. Em três décadas de modificações, os estudos mostraram a aceitação do regime de total estabulação tendendo à eficiência operacional e produtiva, através dos estudos do comportamento animal. Muita atenção deve ser dada às necessidades dos animais, tanto nas condições ambientais quanto às dimensões das instalações.

O conforto ambiental oferecido aos animais deverá ser evidenciado através do aumento de sua produtividade. O conforto da instalação que possui dimensões corretas, motivará seu uso, que, com limpeza e controle sanitário, redundará em redução das injúrias e do estresse a um mínimo aceitável.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey em lactação, de genética de alta produtividade, em regime semi-estabulado, nas condições tropicais.

Objetivos Específicos:

Para obtenção do índice considerou-se a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do ar, assim como valores de precipitação pluviométrica e radiação solar como agentes estressores, os quais podem alterar a produção de leite.

Foram ainda consideradas para obtenção do índice variáveis como: temperaturas da pele, a temperatura retal e a temperatura do solo no pasto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A importância do leite

Em muitas espécies animais, o vínculo entre a mãe e o filho é rompido com o nascimento da cria. Com os mamíferos a situação é diferente - os filhotes se alimentam durante certo tempo com o leite materno e continuam ligados a mãe mesmo após o desmame. O leite humano é definido, atualmente, como o alimento mais completo para a criança nos primeiros seis meses de vida e deve ser fornecido até os dois anos, segundo as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), por ser fonte de proteínas de boa qualidade, de cálcio, de vitamina A, de riboflavina (vitamina B2). Além de prover todos os nutrientes necessários para o lactente, o leite materno previne uma série de doenças pelo seu elevado teor de anticorpos. Por volta do sexto mês de vida, devido a introdução de novos hábitos alimentares, o leite da mãe deixa de ser um alimento exclusivo, especialmente em relação ao teor de ferro, de vitamina C e de fibras.

O desmame não significa o fim do uso do leite na alimentação. A partir de então, ele deixa de ser o alimento mais importante, mas continua a ocupar um lugar de destaque. Isso se

deve ao seu perfil de nutrientes e à variedade de opções com que pode ser introduzido na alimentação, desde um simples copo de leite até sofisticados pratos da nossa culinária.

Outro aspecto que deve ser considerado é o tipo de processamento ao qual o leite é submetido. Pois é dele que depende o seu valor nutritivo e microbiológico. Ainda existe muita confusão sobre o assunto. Parte da população considera que o leite sem nenhum tratamento, conhecido como leite cru, contém maior quantidade de nutrientes e é mais natural, e por isso muitas pessoas preferem a sua utilização. O que está totalmente errado. O leite sem nenhum processamento pode ser causa de sérias doenças.

O leite é definido como a secreção de pH neutro, 6,5 a 6,7, da glândula mamária de mamíferos. Ele é uma emulsão de gorduras e água, estabilizada por uma dispersão coloidal de proteínas em uma solução de sais, vitaminas, peptídios, lactose, oligossacarídeos, caseínas e outras proteínas. O leite contém, também, enzimas, anticorpos, hormônios, pigmentos (carotenos, xantofilas, riboflavina), células (epiteliais, leucócitos, bactérias e leveduras), CO₂, O₂, e nitrogênio. Por isso, do ponto de vista físico, o leite constitui um sistema complexo.

As gorduras e as proteínas do leite são responsáveis pela cor, consistência e opalescência. A cor é também resultado da dispersão da luz pelas proteínas, gordura, fosfatos e citrato de cálcio. A homogeneização do leite aumenta a coloração branca, pois as partículas fragmentadas refletem mais a luz. Já o desnatado tem uma cor mais azulada. O motivo é a baixa quantidade de partículas grandes em suspensão.

O leite de algumas espécies, como vaca, búfala e cabra, é utilizado como um importante alimento para os humanos, devido a sua qualidade nutricional - fonte de proteínas, de

vitaminas A e B₂ e de fósforo e cálcio. Mas cada animal produz um leite com perfil nutricional diferente.

Tem sido observado que o leite de cabra apresenta melhor digestão que o leite de vaca, devido à maior quantidade de ácidos graxos de cadeia média e curta. Outra vantagem é o maior teor de ácidos graxos essenciais desse leite. Mas isso não justifica a sua indicação para as crianças com menos de 1 ano de idade. O leite materno é o ideal.

Qualidade microbiológica do leite

O leite é um alimento de indiscutível qualidade nutricional. Boa parte das necessidades de vitaminas, minerais e proteínas são satisfeitas quando ele faz parte do dia-a-dia da alimentação. Mas o leite de má qualidade microbiológica poder ser causa de doenças, e muitas até graves. Ele é um excelente meio de cultura de microorganismos, inclusive para as leveduras. Por isso, é preciso submetê-lo a processamentos térmicos para garantir a sua qualidade nutricional e destruir essas bactérias, principalmente as patogênicas. O leite pasteurizado deve ser armazenado a baixas temperaturas, já o longa vida e o em pó tem longa resistência a temperatura ambiente. O motivo é o processo a que cada um deles é submetido.

Em temperaturas entre 7 °C e 60 °C, as bactérias patogênicas e os microorganismos produtores de toxinas crescem rapidamente. Portanto, só é possível prevenir ou impedir o aumento de bactérias patogênicas presentes pelo leite já pasteurizado, se o acondicionamento, o transporte e o armazenamento do produto forem feitos de maneira adequada. Não basta só garantir a qualidade do leite antes da pasteurização e de seu processamento. É preciso continuar controlando o fluxo do leite desde a usina de pasteurização até a mesa do consumidor.

Seis principais fatores influenciam na quantidade de microorganismos presentes no leite pasteurizado. São eles: condições de higiene do animal e do ambiente, higienização do vasilhame de transporte, tempo entre a ordenha e o beneficiamento do produto, eficiência do processamento, transporte a baixas temperaturas, armazenamento do leite no ponto de venda e na casa do consumidor a baixas temperaturas.

No leite ultrapasteurizado a situação é diferente. Como o processamento destrói todos os microorganismos, as baixas temperaturas para manter a qualidade do produto são desnecessárias. Assim, é quase impossível uma pessoa ser contaminada por esse tipo de leite.

A alteração do leite pasteurizado é causada pelo crescimento de estreptococos termorresistentes, que produzem ácido láctico a partir da lactose do leite, com diminuição de pH de 6,5 a 6,7 do leite normal para o pH de aproximadamente 4,5. Os lactobacilos, se estão presentes, são capazes de diminuir ainda mais o pH, para 4 ou menos ainda. Nessa fase, se existem esporos de mofo, os mesmos começam o crescimento na superfície do leite ácido, ou seja, fermentado, aumentando o pH até a neutralidade. A consequência é que as bactérias mais proteolíticas, como a pseudomonas, proliferam, dando lugar ao leite coalhado e impróprio para o consumo. Como visto, o leite longa vida está livre de todas essas alterações.

Contaminação do leite

Uma das principais causas de contaminação do leite é a má higienização do ambiente e do manipulador (ordenhadores), detectado pela presença de coliformes fecais, que

é um indício de maior risco de contaminação por outras enterobactérias patogênicas. Há ainda mais fonte de contaminação: o material que constitui as camas dos animais, ou a forragem.

O leite é uma das principais fontes de proteínas essenciais tanto para o crescimento e desenvolvimento das crianças como para a manutenção da saúde dos adultos. Fornece, também, boa parte do cálcio e do fósforo necessários para o organismo.

No Brasil ainda existem problemas quanto ao controle microbiológico do leite, expondo a saúde da população a sérios riscos. Ainda nos dias de hoje, o leite cru é consumido por uma parcela da população que desconhece os perigos a que está submetida.

O fator mais importante a ser reconhecido é que o leite é uma excelente fonte de nutrientes. Tanto a pasteurização como a ultrapasteurização não conseguem destruir esta sua natural característica. Ao contrário, apenas conservam-na.

3.2. Histórico da raça Jersey

A raça Jersey vem demonstrando ser através dos anos, a mais econômica de todas as raças leiteiras. A eficiência desta raça é demonstrada em vários aspectos, como a precocidade, facilidade de parição, capacidade de tolerância ao calor, longevidade e conversão alimentar. Mas dentre todos os aspectos relevantes, a qualidade e a composição do leite Jersey, é, sem dúvida o fator preponderante.

A raça Jersey é originária de uma pequena ilha de apenas 11655 hectares no Canal da Mancha, entre a Inglaterra e a França (região da Normandia conforme mostra a Figura 1). É denominada “Ilha de Jersey”, e pertence ao Reino Unido da Grã-Bretanha. A origem da raça

pode ter sido a partir da raça Bretona ou da Normanda, tendo alguns autores citando-a como originária das raças Germânicas. Informações mais remotas, porém indicam que a raça Jersey se formou por cruzamento de pequeno gado negro da Bretanha com os grandes bovinos vermelhos da Normandia.



Figura 1: Localização geográfica da ilha de Jersey

A raça desenvolveu-se a partir do ano de 1.100, adaptada às necessidades dos habitantes da ilha e a limitação de forrageiras devido a ocupação de parte dos campos com outros cultivos essenciais à alimentação do povo, em especial a batatinha. Mediante rigorosa seleção, fixou-se um tipo uniforme com as atuais características, tornando-a a raça que mais manteve seu estado de pureza. Devido à excessiva consangüinidade, notou-se uma degeneração da raça entre os anos de 1800 e 1830, sendo responsáveis pelo ressurgimento e aperfeiçoamento do Jersey, até o tipo leiteiro atual, os coronéis Le Conteur e Le Cornu. Assim o gado Jersey tem sido criado puramente há mais tempo que qualquer outra raça bovina.

Em 1763, foram decretadas leis que proibiam a entrada na Ilha de Jersey de qualquer animal vivo que pudesse transmitir doenças aos seus bovinos. Até hoje, os animais que vão competir em exposições fora da Ilha, lá deverão ser vendidos, por não poderem retornar a origem. Essas leis sacramentaram a pureza da raça.

Em 1833 foi criada a Royal Jersey Agricultural and Horticultural Society, e a 31 de março de 1834 foi realizada a primeira exposição da Raça Jersey em Cattle Market, na Beresford Street. A partir daí, outras exposições e demonstrações da raça foram ocorrendo e estas tornavam-se cada vez mais importantes fazendo com que a Raça Jersey fosse conquistando o mercado mundial. Dessa forma, a raça Jersey, devido as suas características, teve fácil expansão no mundo, e é criada nos cinco continentes. Atualmente é numericamente a segunda raça leiteira criada no mundo.

No Brasil, a raça Jersey foi introduzida em 1886 no Rio Grande do Sul pelo grande pecuarista e embaixador J. F. de Assis Brasil. O primeiro Herd Book raça no país foi o de Pedras Altas (nome de sua propriedade). Posteriormente, face a expansão territorial do Jersey no Rio Grande do Sul, esta tarefa passou a ser executada pela Secretaria da Agricultura. Em 1954 esses livros foram transferidos para a Associação dos criadores de Gado Jersey do Brasil, fundada em 1938, no Rio de Janeiro e hoje em São Paulo. A expansão da raça no país e no continente foi rápida.

As vantagens da Raça

As vacas Jersey são mais precoces, por isso são lucrativas pela venda do leite a uma idade mais jovem. Existem animais lucrativos em todas as raças leiteiras, mas a Jersey sustenta uma vantagem em várias áreas economicamente importantes. O gado Jersey é

encontrado no mundo todo devido a sua capacidade de se adaptar a vários tipos de manejo, de climas e condições geográficas. Esta adaptabilidade e o potencial de lucro, tornam este gado a escolha lógica para todos os que trabalham no ramo de laticínios.

O gado Jersey transforma de forma eficiente as rações e a forragem em produção de leite, sendo que tem bom desempenho em instalações comerciais e em programas de pastoreio.

Um dado muito importante é que o gado Jersey requer menos hectares por vaca. À medida que aumenta o índice de pastoreio, também aumenta o lucro por hectare.

Conhecidas pela facilidade de parição, as vacas Jersey demonstram significativas vantagens em relação a outras raças de gado leiteiro (Tabela 1).

Tabela 1. Comparações entre a raça Jersey e as raças de maior criação.

	<i>Jersey</i>	<i>Holandês</i>	<i>Pardo-Suíço</i>	<i>Guernsey</i>
Média de idade (meses) por ocasião da 1ª cria	26	27	29	27
Média de dias entre o parto e a prenhez seguinte	110	122	129	123
Intervalo entre partos (meses)	13	13,3	13,9	13,5
Concepções por cria	1,8	1,9	2	2,2

Fonte: Northeast Dairy Records Processing Center, 1992

Destas comparações pode-se concluir que uma vaca que emprenha com 26 meses, volta a emprenhar depois de 110 dias e que por serem longevas permanecem mais tempo no

plantel, ela estará produzindo leite por mais dias durante a sua vida. Sendo assim, tem-se um taxa de descarte menor, portanto a compra de novos animais para a renovação do rebanho é menor e o número de novilhas para a venda aumenta.

É claro que alta produção não é função apenas da genética do animal. Os bons resultados do manejo de vaca de alta produção requerem ao mesmo tempo ciência e arte. A ciência se baseia em conhecer e compreender o metabolismo e a fisiologia da vaca; a arte, na habilidade de fazer uso deste conhecimento para atingir o resultado final. Pode-se dizer que:

Equação 1

$\text{Produção} = 75\% \text{ Alimentação/Manejo} + 25\% \text{ Genética}$

Isto não quer dizer que o material genético não seja importante, pois quando se eleva o nível do manejo, o rebanho de maior potencial genético tem um desempenho melhor.

3.3. A Homeotermia animal

A maioria dos animais domésticos são homeotermos. Suas funções fisiológicas procuram manter a temperatura corporal constante. Dentro de uma determinada faixa de temperatura ambiente isso ocorre com mínimo esforço dos mecanismos termorreguladores. Esta faixa é denominada de zona de conforto ou termoneutralidade. Tem-se na zona de conforto menor desgaste do animal, mais saúde e melhor produtividade NÄÄS (1989).

A Figura 2 proposta por ESMAY (1969), identifica claramente a Zona de Termoneutralidade.

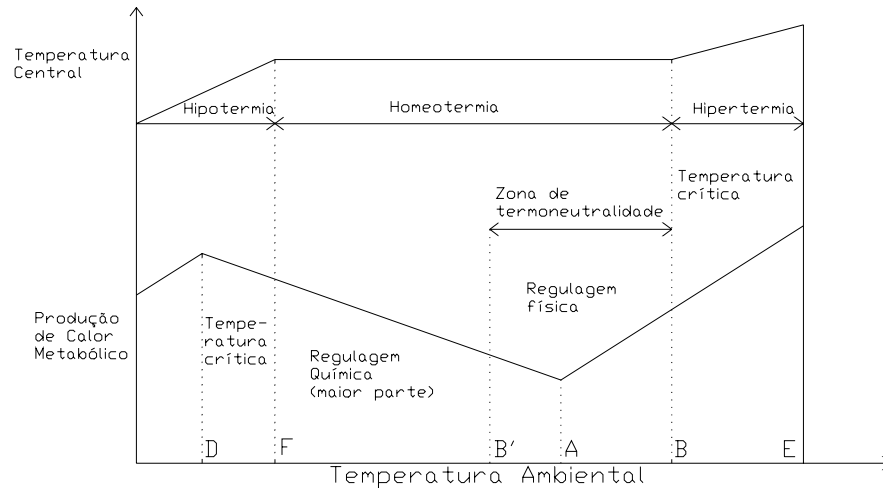


Figura 2. Curva da produção de calor metabólico dos homeotermos, versus temperatura ambiente (ESMAY, 1969).

Onde:

A = temperatura de conforto (mínimo calor metabólico produzido)

B = temperatura crítica superior

B' = temperatura crítica inferior

F = temperatura de estresse térmico (máximo calor metabólico)

D / E = temperatura onde a probabilidade do animal morrer é máxima

Os limites da zona de termoneutralidade são a temperatura crítica inferior (Tci) e a temperatura crítica superior (Tcs). Abaixo da Tci a vaca entra em estresse pelo frio e acima das Tcs sofre estresse pelo calor (Figura 2). Quando em estresse pelo frio o animal aumenta o

consumo alimentar para produzir mais calor interno (aumentar a taxa metabólica) e sob estresse pelo calor diminui ingestão de alimento e dissipa calor para o ambiente para baixar a produção interna de calor (reduzir a taxa metabólica), em ambos os casos para manter a temperatura corporal em níveis normais. Sob estresse pelo calor a temperatura corporal pode aumentar e chegar a hipertermia (excesso de calor no corpo), associada à inibição do apetite e conseqüente menor ingestão de alimentos, resultando na diminuição da produção de leite. A hipertermia, também, afetará negativamente a eficiência reprodutiva.

JOHNSON (1965) referiu que a zona de conforto térmico para vacas leiteiras era a zona ótima para a máxima produção de leite (Figura 3), mas o nível de velocidade do ar, radiação e/ou umidade pode alterar essa zona.

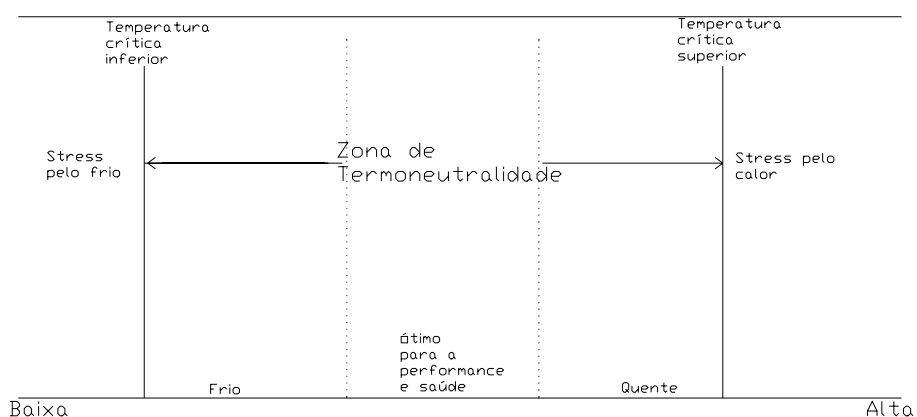


Figura 3. Representação esquemática da zona de termoneutralidade

De modo geral, a zona termoneutra para vacas holandesas, em lactação, varia de 4 °C a 26 °C (HUBER, 1990). A temperatura crítica superior para vacas em lactação das raças Pardo-Suiça e Jersey pode chegar a 27 e 29 °C, respectivamente HAFEZ, (1975), enquanto para a vaca zebú a crítica superior seria de 30 - 35 °C (BIANCA, 1965). Conforme NÄÄS (1998) a

faixa de 13 a 18 °C é a faixa confortável para a maioria dos ruminantes e, para as vacas em lactação, refere-se à faixa de 4 a 24 °C como zona de conforto térmico, podendo restringir a mesma aos limites de 7 a 21 °C, em função da umidade relativa do ar e da radiação solar

Em Israel verificou-se que a temperatura crítica superior, para vacas holandesas de alta produtividade, foi de 25 a 26 °C, independentemente de aclimação prévia ou nível de produção. Até esse limite as vacas conseguiram manter a estabilidade de temperatura corporal. O aumento da temperatura do corpo quando os animais estiveram acima da temperatura crítica superior limitou a produção de leite e a performance reprodutiva (BUCKLIN, e BRAY, 1998).

A temperatura ambiente efetiva expressa a interação entre a temperatura do ar e outros elementos climáticos como a radiação solar, a umidade relativa do ar e a velocidade do ar.

A manutenção da temperatura interna do organismo do animal, relativamente constante, em ambientes cujas condições termo-higrométricas são as mais variadas e variáveis, se faz por intermédio de seu aparelho termorregulador, que comanda a redução ou aumento das perdas de calor pelo organismo através de mecanismos fisiológicos de controle. Em condições de estresse por calor, quando o organismo do animal perde calor excedente para o ambiente por condução, convecção ou radiação, ele experimenta uma sensação de conforto térmico.

NÄÄS (1989) relatou que, a termorregulação apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo do animal, representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de produtividade. Quando as condições ambientais proporcionam perda de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos, buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas. A fadiga termo-higrométrica é resultante do trabalho

excessivo do aparelho termorregulador, pela existência de condições ambientais desfavoráveis, resultando em perdas de produção e produtividade.

3.4. Estresse climático e adaptação fisiológica

O estresse caracteriza a soma dos mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente agressor ou estressor, externo ou interno, no sentido de manter a homeostase (equilíbrio fisiológico). Há respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas à agressão do organismo em sua totalidade, conforme BACCARI (1998).

Segundo o mesmo autor, os estressores são de natureza diversa: mecânicos (traumatismos, cirúrgicos ou não, contenção), físicos (calor, frio, eletricidade, som), químicos (drogas), biológicos (estados de nutrição, agentes infecciosos) e psicológicos (exposição a um ambiente novo, manuseio). O estresse pode, também, ter origem social devido às relações de hierarquia ou de dominância social, dentro do rebanho. Um estressor pode atuar de forma aguda, crônica, repetida e combinada a outro estressor.

A resposta dos animais a um evento estressante compreende 3 componentes principais: o reconhecimento da ameaça à homeostase ou bem-estar, a resposta ao estresse e as conseqüências do estresse. Uma variedade de fatores como experiência anterior, genética, idade, sexo ou condições fisiológicas modelam a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor; conforme é consoante MOBERG (1987) e BACCARI (1998).

Os mecanismos reguladores do organismo mantêm um estado de homeostase, de forma que quando há uma alteração significativa no ambiente, esses mecanismos tentam restabelecer o equilíbrio para promover, como resultante, a adaptação fisiológica do organismo.

SELYE (1975) caracterizou o que chamou de “ síndrome de adaptação geral ” ou de estresse em 3 fases: (1) fase de reação de alarme , na qual a adaptação ainda não foi adquirida, (2) fase de resistência, na qual a adaptação é ótima e (3) fase de exaustão, na qual a adaptação adquirida é perdida novamente (Figura. 4).

Conforme GRAY (1978) *apud* Bacari (1984), após a agressão de um primeiro estressor (choque), estabelece-se um quadro de estresse e a esse estresse original pode-se somar a ação de um novo estressor (contra-choque ou choque contrário) com novo estresse se estabelecendo, ao qual a resistência do organismo está diminuída (Figura 5).

Depois da reação de alarme inicial, segue-se uma fase de resistência durante a qual a resistência ao estresse original, que continua a agir, aumenta, mas a resistência a outras espécies de estresses diminui. Se o estresse inicial continua por mais um tempo, a fase de resistência é substituída por uma fase de exaustão final, com um declínio brutal de resistência a todos os outros tipos e formas de estresse, segundo GRAY (1978) *apud* Bacari (1984).

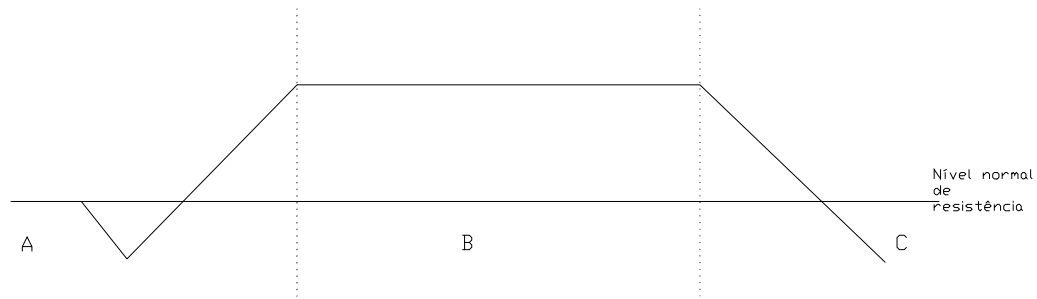


Figura 4. Fases da síndrome de adaptação geral

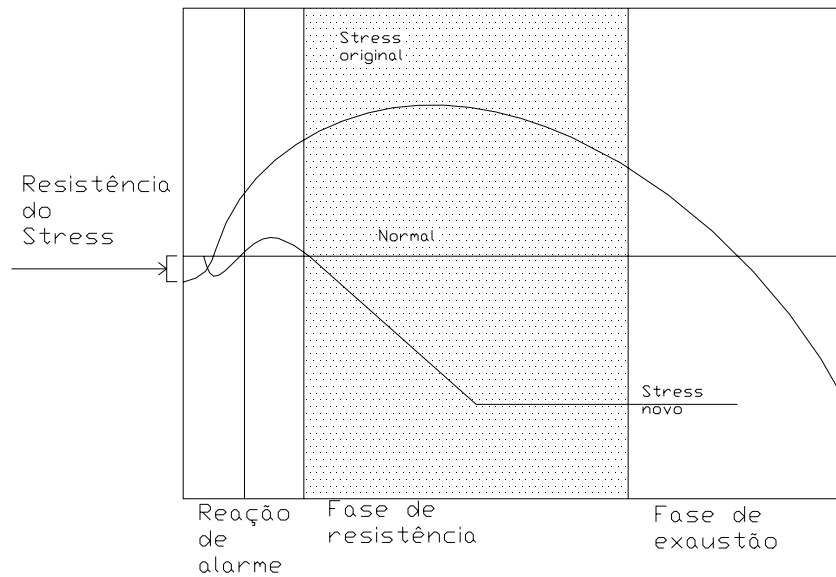


Figura 5. Síndrome de adaptação geral - Resistência ao estresse

Admite-se que todo o sistema neuroendócrino, em verdade, está envolvido na resposta de estresse e que o padrão de resposta hormonal varia com o tipo de estressor MOBERG, (1987).

JOHNSON (1965) fez uma tentativa no sentido de demonstrar a síndrome de adaptação geral com vacas em lactação, baseado nos princípios postulados por SELYE, (1975). Assim, quando uma vaca em lactação é submetida a uma temperatura ambiente de 29 °C (estresse pelo calor) logo após encontrar-se sob condições de termoneutralidade ou conforto (18 °C), sua reação é adaptar-se fisiologicamente ao estresse agudo, desencadeando a reação de alarme com uma acentuada queda na produção de leite. Após poucos dias, a recuperação da produção de leite é limitada, havendo uma tendência para estabelecer-se um nível de aclimação o qual está abaixo do potencial genético sob condições de termoneutralidade. O animal pode aclimatar-se ou entrar em exaustão, na dependência da produção de leite, adaptabilidade ao calor e outros fatores.

A reação de alarme é resultante de reações gerais não específicas produzidas pela exposição repentina a um estressor ao qual o organismo não estava adaptado, qualitativa e quantitativamente.

Na fase de resistência há um aumento da resistência do organismo ao estressor ao qual foi exposto, com resposta predominantemente adrenocortical. Os glicocorticóides continuam o processo iniciado na fase de reação de alarme, provendo o corpo com fontes de energia rapidamente mobilizadas. No estresse contínuo ocorre, também, um decréscimo da atividade da tireóide.

A fase de exaustão se estabelece quando o organismo continua exposto prolongadamente ao estressor ao qual havia conseguido adaptar-se. Nesta fase há redução da atividade supra-renal com declínio alarmante da resistência. Os mecanismos de defesa do

organismo estão esgotados, as reações catabólicas continuam até que o organismo entre em colapso e a morte advém.

Para SELYE, (1975), muitos animais passam pelas duas primeiras fases num período normal de vida e apenas estressores com longa atuação produziram a terceira fase. Outrossim, HAHN (1981) refere que, durante o verão abrasador de 1980 no sudoeste dos Estados Unidos, vacas em lactação tiveram severa redução na produção de leite e nas taxas de concepção sendo que muitas morreram de exaustão pelo calor.

A Figura 6, conforme HAHN (1993) ilustra a resposta dos animais a estressores ambientais que podem influir na performance e saúde. Na dependência da intensidade e duração do estressor atuando sobre o animal há respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas. O êxito das respostas de adaptação permite que a função normal continue. Entretanto, quando certos limites (de temperatura do ar, para mais ou para menos, por exemplo), os quais também são influenciados por vários fatores são ultrapassados, a função é prejudicada afetando adversamente os desempenhos produtivos e reprodutivos bem como a saúde.

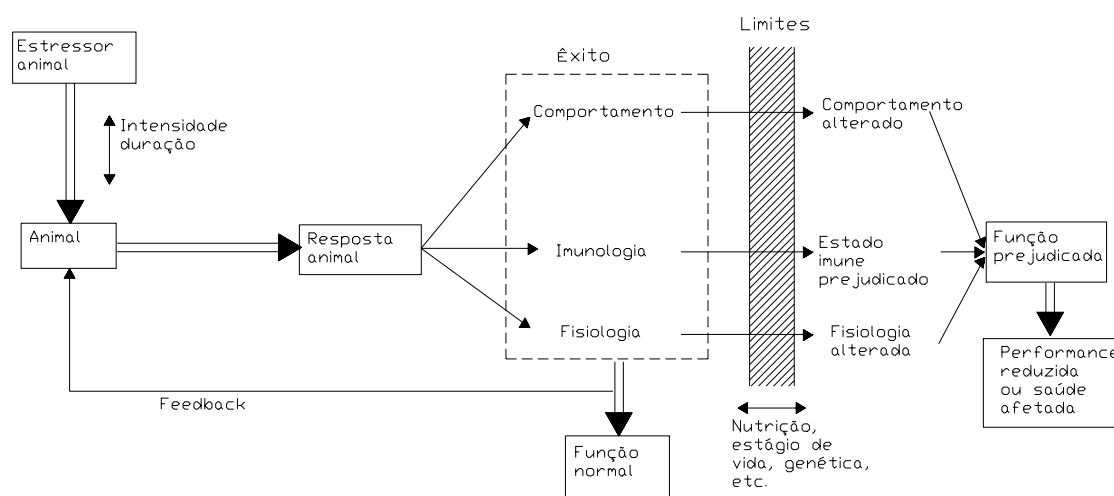


Figura 6. Respostas dos animais a estressores ambientais (adaptado de HAHN, 1993)

No que se refere à resposta comportamental, verifica-se que bovinos de origem européia, não adaptados ao calor, procuram sombra principalmente nas horas mais quentes do dia, durante o verão, buscando amenizar os efeitos do estresse térmico causado pela radiação solar direta. Não havendo sombra disponível, posicionam-se de modo a apresentar o menor perfil possível de área corporal ao sol.

As respostas fisiológicas ao calor incluem: a vasodilatação periférica, aumento da taxa de produção de suor (taxa de sudorese), aumento da frequência respiratória e outros.

A temperatura corporal resulta do equilíbrio entre o ganho e a perda de calor do corpo, isto é, do equilíbrio entre a quantidade de calor produzida no organismo, ou por ele absorvida, e a quantidade liberada para o ambiente. O calor necessário para manter a temperatura corporal deriva do metabolismo energético no interior do organismo (produção de calor através da combustão dos alimentos ingeridos) e da absorção da radiação solar, direta ou indireta.

A temperatura corporal é um evento biológico de recorrência periódica, obedecendo a um ritmo ou ciclo circadiano, ou seja, um ritmo que se repete a cada 24 horas, com a máxima entre 17:00h e 19:00h e a mínima entre 04:00h e 06:00h. Conforme CIPOLA-NETO *et al* (1988), a flutuação diária é filogenicamente incorporada e geneticamente determinada, cuja finalidade é preparar o organismo antecipadamente para as alterações altamente previsíveis da alternância do dia e da noite.

A temperatura retal, normal, em termoneutralidade e em repouso, é expressa pelos seguintes valores, para vacas de leite: média de 38,6 °C com amplitude entre 38,0 e 39,3 °C.

Vacas holandesas com produção média de leite de 10 Kg/vaca/dia apresentam variação de 37,8 – 39,7 °C (BACCARI et al., 1984). As observações foram efetuadas de manhã, entre 6:30h e 8:00h, e à tarde, entre 15:30h e 17:00h.

Uma completa uniformidade da temperatura do corpo somente é possível se não ocorrer troca entre o organismo e o ambiente. Todavia, os homeotermos endotérmicos constantemente produzem calor e perdem-no para o ambiente, de modo que há um gradiente térmico do interior mais quente (centro) do corpo para a superfície menos aquecida (periferia), ou seja, a pele e os pêlos.

A pele resguarda o organismo do calor e do frio e sua temperatura depende principalmente das condições ambientes de temperatura, umidade e vento e das condições fisiológicas, como a distribuição, e ainda, da evaporação. Assim, contribui para a manutenção da temperatura corporal.

Sob estresse pelo calor moderado ou severo a temperatura da pele aumenta e o principal meio de perda de calor é a evaporação do suor (termólise evaporativa cutânea), associada à evaporação via sistema respiratório (termólise evaporativa respiratória). A evaporação do suor causa o abaixamento da temperatura da pele e o resfriamento do organismo como um todo.

Trabalhando com touros da raça Harijana, na Índia, SINGH e SADHU (1970) compararam as temperaturas da pele entre diferentes estações. Assim, durante o verão (com alta

temperatura e baixa umidade) obtiveram a média de 35,6 °C sendo de 30,1 °C durante o inverno (baixa temperatura com umidade moderada).

Estudando o gradiente térmico retal-cutâneo, ou seja, a diferença entre a temperatura central e da pele, em garrotes europeus da raça Chianina, em condições de termoneutralidade (18,9 °C e 63% de umidade relativa), BACCARI *et al* (1978) encontraram temperatura de pele média 4 °C mais baixa que a retal.

Quando a temperatura corporal ultrapassa o limite superior normal caracteriza-se a hipertermia a qual se deve, principalmente, a elevadas temperaturas ambientes e à radiação solar direta intensa.

Vacas Jersey, sob temperatura do ar média de 10 °C, apresentaram temperatura retal (TR) de 38,3 °C, enquanto a 35 °C o valor correspondente de TR foi de 39,5 °C (GAALAAS citado por DUKES, 1962). A hipertermia pode ocorrer a temperaturas ambientes relativamente baixas quando a umidade do ar é alta, a produção metabólica de calor é elevada sendo altos os níveis de nutrição e produção, ou como resultado da gestação ou excitação (BIANCA, 1968). Durante o calor, vacas em lactação apresentam TR pouco mais elevada que vacas secas.

A hipertermia não deve ser confundida com a febre. Nesta o aumento da temperatura decorre de um estado patológico, devido a múltiplas causas, mais freqüentes nos casos de doenças infecciosas, com hiperprodução de calor e redução das perdas de calor no corpo, como mecanismo de defesa e cura do organismo.

Conforme BACCARI (1998) altas temperaturas do ar, principalmente quando associadas a altas umidades e a radiação solar direta são os principais elementos climáticos estressores causadores de baixas performances do gado leiteiro. As vacas leiteiras de raças especializadas, em lactação, e de alta ou mesmo moderada produção, são particularmente sensíveis, ao estresse pelo calor, devido à função produtiva especializada e a alta eficiência na utilização dos alimentos, devido à intensa produção de calor associada à digestibilidade e metabolismo de grandes quantidades de nutrientes.

O efeito estacional adverso sobre a produção de leite foi demonstrado por vários pesquisadores. McDOWELL *et al.* (1976) verificaram decréscimo de 17% na produção de leite de vacas durante o verão comparada à produção de inverno. Segundo CHANDLER (1987), nos meses de verão, em grande número de rebanhos nos Estados Unidos, as vacas apresentaram diminuição de 2,3 a 4,6 Kg de leite por dia, enquanto IGONO *et al.* (1992) encontraram reduções de 11,5 a 16,0 Kg/vaca/dia, comparadas as produções de verão com as de meses com temperaturas amenas, no Arizona.

Conforme MARSCHANG (1973), a diminuição na produção de leite como resposta ao estresse térmico não leva à perda total da produção, mas uma vez cessada a condição de estresse, a quantidade de leite volta a aumentar, porém se faz lentamente e sem retornar ao nível anterior pré estresse.

Entretanto, tal fato está na dependência da intensidade e duração do estresse, pois AGUIAR *et al.* (1996) demonstraram que o estresse brando pelo calor deprimiu a produção de leite em vacas holandesas (com produção diária média de 17 kg) entre 3,6 e 4,5% nas fases termoneutras subsequêntes ao estresse, mas após alguns dias de termoneutralidade, as vacas

recuperaram total ou parcialmente a produção de leite nas fases de estresse brando pelo calor subsequente. Assim, as vacas puderam revelar uma capacidade de recuperação total ou parcial da produção, sob estresse brando, contanto que tenham ficado anteriormente alguns dias em condições de termoneutralidade.

Vacas em lactação na Califórnia, no verão de 1977, experimentaram estresse térmico severo por um período de quase uma semana. Durante esse período, as máximas de temperatura diárias foram de 31 °C a 35,5 °C e a mínima de 21 °C. A umidade relativa do ar média foi de 90 % a 95 %. Aproximadamente 700 animais morreram devido ao estresse pelo calor e a produção de todas as vacas foi substancialmente reduzida (BUFFINGTON *et al.*, 1983).

A radiação solar tem função importante nas respostas produtivas dos animais. O sol e o interior do planeta são as principais fontes de energia que permitem a vida na Terra. O calor e a luminosidade que vêm do sol resultam de reações termonucleares (hidrogênio + energia → hélio + energia). O sol fornece 99,98% da energia que chega à superfície terrestre, cabendo 0,02% ao fluxo de calor interior do planeta conforme CUNHA (1982) e BACCARI (1998)

Os animais absorvem calor do ambiente além do produzido no organismo (metabolismo energético). Durante o dia, quase todo o calor absorvido do ambiente pelos animais provém da radiação solar, direta ou indiretamente. As trocas térmicas entre as vacas e o meio ambiente podem ser esquematizadas conforme a Figura 7, apresentada por TITTO (1998).

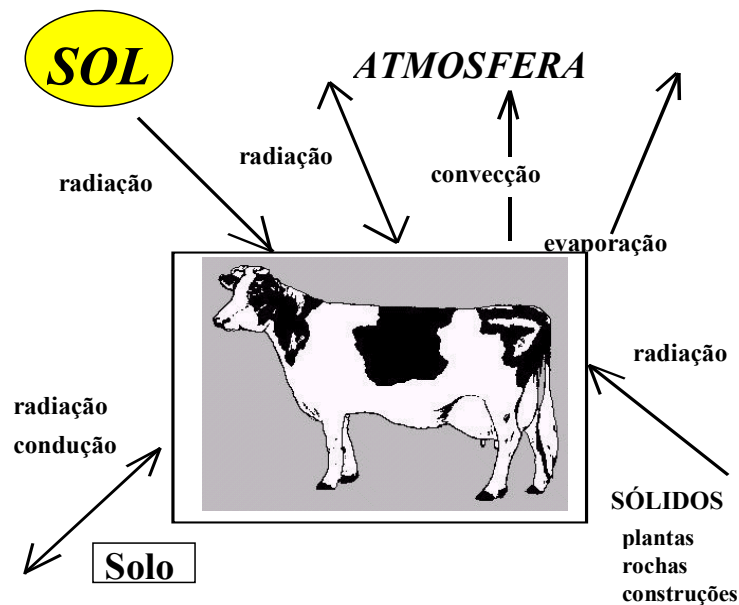


Figura 7. Trocas térmicas entre as vacas e o meio ambiente. (TITTO, 1998)

O vento é o ar em movimento, e de acordo com McDOWELL (1975), a rapidez com que o ar se move sobre a pele do animal influi na taxa de perda de calor pela superfície corporal. Quando a velocidade do ar aumenta, facilita-se a perda de calor por evaporação se a pele contém umidade, mas o efeito é limitado se o conteúdo de umidade sobre a pele é reduzido.

O movimento do ar permite a perda de calor na pele por condução contanto que a temperatura do ar seja inferior à temperatura da pele. Trabalho levado a efeito por BRODY *et al.* (1954) demonstrou que a velocidade do ar de até 14 km.h^{-1} não afetou significativamente a produção de leite e a ingestão de alimentos e água de vacas holandesas, a temperaturas do ar de 8, 10, 18 ou 27°C , mas a 35°C a produção de leite e a ingestão de alimento foram menores a baixa velocidades do ar do que a altas. HAHN (1982) sugeriu a velocidade do ar de 8 Km.h^{-1} como ótima para uma melhor produção de leite em condições de tempo quente.

A ingestão de alimentos está diretamente relacionada a todos os aspectos do metabolismo energético (produção de calor) com a liberação de calor para manutenção, produção e atividades.

Considera-se que a maior influência do estresse pelo calor sobre a produção de leite é exercida via diminuição no consumo de alimentos (matéria seca) e, conseqüente, redução na ingestão de energia metabolizável. Conforme HUBER (1990), temperaturas diárias médias e máximas têm efeitos variáveis sobre a ingestão de alimentos e, subseqüentemente, sobre a produção de leite, dependendo da umidade relativa do ar e do tempo em que as vacas ficam sob temperaturas capazes de provocar estresse. Exposições longas ao calor reduziram o consumo de alimentos, produção de leite e eficiência de vacas de raças leiteiras, principalmente da holandesa THOMPSON (1973).

BRODY *et al.* (1955) verificaram que uma flutuação diurna da temperatura do ar de 21,1 °C a 37,8 °C reduziu em 20% a 30% a ingestão de alimentos por bovinos holandeses. McDOWELL (1976) observou um declínio de 5% no consumo de concentrado e mais de 22% no de feno por vacas holandesas quando as temperaturas do ar aumentaram de 18 °C para 30 °C.

A produção de calor no corpo e sua temperatura são mais elevadas quando há um consumo predominante de forragens do que quando as dietas contam com níveis mais elevados de concentrados. Entretanto, o teor de gordura do leite diminui e distúrbios digestivos aumentam, durante as condições quentes de verão, quando o consumo de forragens é severamente limitado, voluntariamente ou através de restrição. Geralmente as vacas limitam voluntariamente o consumo de forragem durante os períodos quentes do ano HUBER (1990).

Na Flórida, vacas com sombra ingeriram 23% a mais de alimento e produziram 19% a mais de leite que suas pares sem sombra SCHNEIDER *et al.*, (1984). Ainda na Flórida, verificou-se que vacas mantidas ao sol consumiram 56% menos alimento durante o dia, mas compensaram parcialmente durante a noite aumentando os consumos em cerca de 19%, comparados às vacas estressadas ainda foi de 13%, comparativamente àquelas que contaram com abrigo de sombreamento MALONÉE *et al.* (1985).

MAUST *et al.*, (1972) e JOHNSON (1982) demonstraram que o estresse térmico não afetou a produção de leite no mesmo dia. De acordo com os autores, o estresse pelo calor aumentou a temperatura corporal e deprimiu a ingestão de alimentos no mesmo dia e a depressão na ingestão de alimentos reduziu a produção de leite poucos dias depois.

A redução na ingestão de alimentos devida ao estresse pelo calor leva a um menor afluxo de sangue à veia porta (fígado) e à glândula mamária e, conseqüentemente, menor quantidade de nutrientes e energia estará disponível para a vaca para a função produtiva, ou seja, a produção de leite BEEDE e SHEARER (1991).

Em condições termoneutras são necessários cerca de 3 litros de água de bebida para produzir 1 kg de leite e a ingestão de água aumenta com o aumento do consumo de matéria seca, mas sob condições de estresse pelo calor a ingestão de água aumenta enquanto o consumo de alimentos diminui. Conforme McDOWELL (1975), uma vaca em lactação de 500 kg beberá em torno de 50 litros diários de água a uma temperatura de 21 °C, mas aumentará o consumo de 25% a 100% a 32°C.

A função da água, além de nutriente essencial, é promover o resfriamento do corpo e suprir as necessidades aumentadas do organismo em consequência das perdas pelo suor e vias aéreas superiores durante o estresse pelo calor.

A depressão na produção de leite das vacas sob estresse térmico deve-se, primordialmente, à redução no consumo de alimentos, hipofunção da tiróide e ao gasto de energia despendida para eliminar calor do corpo. A redução no consumo de alimentos é tanto maior quanto mais intenso o estresse. A perda de calor pelo aumento da frequência respiratória e da sudorese promovendo o resfriamento evaporativo do organismo, demanda um custo energético, na dependência da intensidade e duração do estressor, fazendo com que parte da energia disponível seja desviada na função produtiva para a manutenção da homeostase.

Além da diminuição na produção, o estresse térmico causa decréscimo nos componentes do leite como a gordura, lactose, proteína, ácido cítrico, cálcio e potássio (HEAD, 1989). Com a elevação da temperatura de 8 a 36 °C as porcentagens de gordura e proteína do leite caíram de 3,85% para 3,31% e de 3,42% para 2,98%, respectivamente (RODRIGUEZ *et al.*, 1985).

No campo imunológico, sabe-se que, em resposta ao estresse, os glicorticóides produzem alterações no número relativo dos glóbulos brancos, inclusive linfócitos, e que o estresse inibe a resposta linfocitária aos desafios imunogênicos afetando a saúde.

3.5. Aclimação e mecanismos compensatórios

AMES e RAY (1983) mostraram que declínios substanciais na produtividade animal foram observados em resposta à condições ambientes específicas. Infelizmente, muitas das observações de pesquisa e de campo têm se atido apenas às respostas agudas, de curta duração, aos ambientes desfavoráveis, e não consideram as respostas de longa duração que podem tender a melhorar os efeitos agudos. Então, mais realisticamente, dever-se-ia incluir um suficiente período de tempo para permitir que o efeito líquido das mudanças periódicas seja verificado.

A Figura 8 ilustra a resposta teórica do animal às mudanças climáticas para um ciclo produtivo caracterizado por uma fase intermediária de condições climáticas desfavoráveis. Sob condições climáticas estressantes, um rápido declínio na produtividade pode ocorrer. Se o estresse não for muito severo, a produtividade se estabilizará a um certo nível reduzido. Esta resposta constitui a fase aguda e ocorreria normalmente em poucos dias.

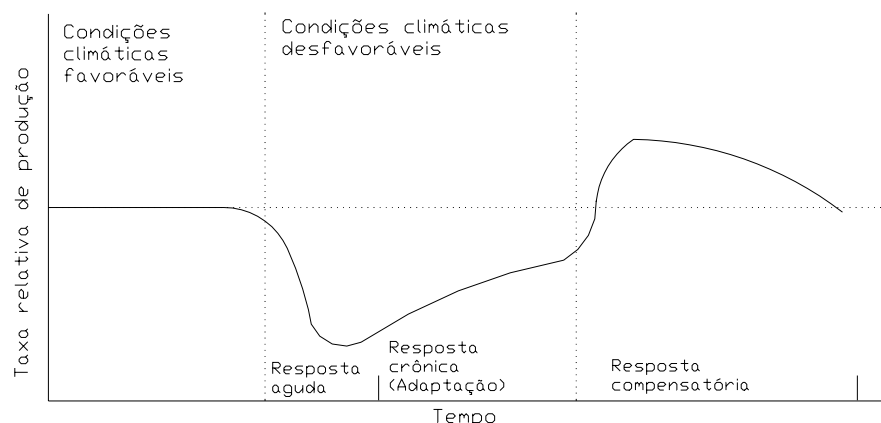


Figura 8. Resposta animal teórica à mudança climática periódica.

À resposta aguda, seguir-se-ia um período de aclimação às condições climáticas. Algumas dessas mudanças podem ocorrer rapidamente, em dias, enquanto outras podem

requerer um período maior como de semanas. O resultado final seria um melhoramento na produtividade a qual, conseqüentemente, se estabilizaria a um nível inferior ao ótimo, mas superior àquele observado durante a fase aguda.

A terceira fase da resposta ocorreria quando mudança para condições climáticas mais favoráveis sobrevém, e a performance não é limitada por essas condições. Mais que um retorno aos níveis produtivos normais, freqüentemente uma resposta compensatória ocorre, resultando em níveis de performance acima do padrão, por um período de tempo.

Quando o completo espectro de resposta animal a um ambiente desfavorável é considerado, o efeito líquido sobre a produtividade pode ser mínimo. É preciso reconhecer o importante papel desempenhado pela adaptação e compensação

A ciência do comportamento natural dos animais, etologia, implica no estudo do animal como um todo, intato ou completo. Quando a etologia se converteu em disciplina organizada, acentuou a importância da objetividade no sentido da necessidade de se conhecerem, tão exatamente quanto possível, as características ambientais às quais o animal estava adaptado, o tipo de situação na qual tinha de conseguir respostas favoráveis, e os meios de que dispunha para efetuar essas respostas (THORPE, 1982).

De acordo com TAVOLGA (1973), a resposta de um ser vivo é geralmente adaptativa, ou seja, as possibilidades de sobrevivência da espécie são aumentadas se o animal consegue regular sua resposta de modo apropriado às mudanças das condições ambientes. TINBERGEN citado por BOWLER (1993) atribuiu caráter adaptativo aos instintos e procurou explicá-los em termos do ambiente no qual cada espécie vive.

Em síntese, denomina-se comportamento ao que se consegue perceber das reações de um animal ao ambiente que o cerca. Geralmente essas reações são movimentos da totalidade ou de parte de seu corpo ou mesmo a inatividade, pois esta também pode ser uma reação significativa, diretamente relacionada a uma mudança no ambiente (CARTHY, 1969).

Nos estudos de comportamento deve-se manter os animais sob observação com o mínimo de interferência.

Nos dias com temperatura elevada e intensa radiação solar, as vacas pastam mais no início da manhã, fim de tarde e à noite, do que durante o dia, e nas horas mais quentes procuram manter-se à sombra ou entram na água para se refrescar.

A vaca leiteira é muito sensível aos altos níveis de radiação solar. Esta, conforme FERGUSON (1971), pode superar em 2 a 3 vezes o calor interno produzido pela vaca durante as cerca de 8 horas em que fica diretamente exposta aos raios solares. Nos pastos que dispõem de árvores as vacas abrigam-se sob sua fronde, principalmente nas horas mais quentes do dia (10 às 16 horas). Não havendo árvores, aproveitam o mínimo de sombra disponível, como a provida pelas cercas ou outros objetos, protegendo principalmente a cabeça.

O comportamento de 2 grupos de vacas holandesas produzindo 17 kg/dia, em média, com 2 ordenhas, em sistema onde os animais ficam soltos (loose housing), durante o verão, foi estudado por BACCARI *et al.* (1997b). Um grupo teve livre acesso ao abrigo sombreado, a partir de piquete adjacente (grupo sombra S), e o outro foi mantido em piquete com exposição direta aos raios solares (grupo sol, Os). O comportamento das vacas do Os foi: agrupamento, com postura da cabeça baixa, à sombra provida mutuamente, no curral adjacente à sala de espera; permanência junto à cerca do mesmo curral, sombreando a cabeça ou apenas a

fronte; postura da parte anterior ou de todo o corpo junto ao cocho sombreado do abrigo; deitar à sombra do cocho descoberto no curral; imersão dos membros anteriores no bebedouro coletivo localizado no abrigo sombreado e deitar em poça de lama no piquete. As vacas do grupo S passaram a maior parte do dia à sombra, no abrigo. A frequência respiratória e a temperatura retal das vacas Os foram 11 mov/min e 0,6 °C superiores às das S, com temperatura de globo negro de 40,2 °C e 29,9 °C, respectivamente. Concluiu-se que as vacas protegeram principalmente a cabeça, à sombra, para reduzir a carga de calor radiante, e entraram na água ou lama para perder calor por condução e estimular posterior evaporação.

Objetivando-se avaliar os efeitos do estresse pelo calor sobre as vacas e, assim, melhorar a produção e performance reprodutiva, recomendam-se algumas estratégias de manejo ambiental entre as quais se incluem a provisão de sombra (natural ou artificial) e o resfriamento pela água, combinando ou não à ventilação forçada mediante ventiladores.

A sombra é fator importante e essencial para minimizar os prejuízos na produção leiteira, e em sua eficiência reprodutiva. As árvores dão proteção efetiva à radiação solar incidente, deixando o ambiente mais úmido e fresco. Árvores, arbustos ou palmeiras, são eficazes quanto ao fornecimento de sombra. Chapas de aço e alumínio são muito utilizadas devido ao custo, vida útil e pequena manutenção, entretanto, geram sombras de baixa qualidade térmica. Em climas tropicais e áridos, há a necessidade de fornecimento de sombra em área total, para se diminuir os problemas das instalações sobre a produção leiteira.

Em regime estabulado intensivo, a movimentação dos animais é influenciada diretamente pela intensidade de sombreamento e pelo caminhar das sombras, no decorrer do dia.

Cerca de 70% da irradiação interna de uma instalação, provém da cobertura, ficando o restante a cargo do solo, paredes e horizonte. Desta forma, um eficiente material de cobertura é necessário para diminuir a carga térmica radiante, mantendo o animal mais confortável em termos térmicos. Entretanto há necessidade de ser qualificada e quantificada esta influência do sombreamento na produtividade do bovino de leite.

Tendo em vista que é importante o conhecimento das interações entre variáveis climáticas, tipo de alojamento e a resposta produtiva do animal, torna-se necessário descrever a correlação matemática destas variáveis.

A melhor sombra é a provida por árvores, isoladas ou em grupos, e estas devem ser parte obrigatória dos pastos e piquetes para que as vacas leiteiras possam ser aliviadas da carga térmica radiante proveniente da radiação solar direta, principalmente durante o verão. Conforme SILVA (1988) as árvores têm maior eficiência resfriadora que abrigos artificiais, pois sob as árvores os animais acham-se expostos a uma maior área de céu aberto, que representa uma superfície “fria” em relação às demais fontes de radiação térmica. Ademais, a construção de abrigos implica em custos mais elevados.

As mais indicadas são as árvores frondosas, de folhas perenes, com altura mínima de 3 metros para propiciar uma sombra de 20 m², pelo menos, e boa ventilação de modo que o solo sombreado seca rapidamente, evitando o acúmulo de umidade e barro, reduzindo assim, a ocorrência de afecções nos cascos e a incidência de bernês. As folhas, frutos ou casca não devem conter agentes tóxicos para os animais, nem raízes expostas que possam dificultar a acomodação das vacas. Ademais, as árvores não devem produzir frutos grandes, com mais de 5 cm de diâmetro, pois se ingeridos podem causar obstrução do esôfago com conseqüente

timpanismo e morte animal. Em árvores de copa baixa, recomenda-se podar os galhos inferiores (CARDOSO, 1987)

Os agrupamentos de árvores ou bosques são preferíveis às árvores isoladas. Bosques de eucalipto, por exemplo, cumprem bem a função de sombreamento para as vacas leiteiras desde que com o espaçamento adequado.

No caso de bosques ou matas, ENCARNAÇÃO e KOLLER (1998) recomendaram preservar de 3 a 8% da área nativa dos pastos, para favorecer o equilíbrio ecológico e servir de abrigo para os bovinos. Na falta de arborização nativa, deve-se proceder ao plantio de árvores e quando se trata de faixas arborizadas devem ser utilizadas, preferencialmente, em curvas de nível, reduzindo assim, a erosão do solo e protegendo as nascentes e cursos d'água. O plantio de árvores deve prever a utilização da maior diversidade possível de espécies. No caso do Brasil Central são indicados o jatobá, cumbaru, figueira, ingazeiro, mangabeira, aroeira, faveiro, pau-ferro, copaíba, pérola-do-campo, jacarandá do campo, cabriúva-vermelha, bartimão-de-folha-miúda, leucena, angico, pequi e seringueira. Ainda segundo os autores, a presença de bosques na área das pastagens é imprescindível para que o gado possa proteger-se de quedas bruscas de temperatura e de ventos.

O efeito do sombreamento natural, em clima quente, sobre a produção de leite de vacas Boran (*Bos indicus*) e cruzadas Holandês-Boran, foi estudado na Tanzânia. As vacas cruzadas mantidas em piquete com sombra provida por coqueiros espaçados em intervalos de 10m² tiveram produção de leite 18,2% superior à de suas companheiras mantidas em piquete não sombreado. Não houve efeito significativo sobre a produção das Boran (MACFARLENE e STEVENS, 1972).

Água à vontade e alimento em cocho coberto devem estar bem próximos das árvores.

Na ausência de árvores nos pastos ou piquetes e na dependência do sistema de produção, recorre-se ao sombreamento artificial das vacas mediante as chamadas sombras portáteis ou a abrigos permanentes BERRY *et al* (1964).

Uma unidade de sombra portátil é constituída por uma tela de fibra sintética (polipropileno) erguida sobre uma estrutura simples de metal cujo tamanho deve ser dimensionado de acordo com o número de animais que se deseja abrigar. Uma vantagem é poder ser removida de um lugar para outro o que permite limpar e secar os diferentes locais na medida das necessidades. A tela, resistente aos raios ultravioleta pode prover de 30 a 90% de sombra (de acordo com o espaçamento da rede) e com boa durabilidade se mantida estendida. Em geral, recomenda-se a tela para provisão de 80% de sombra BARTH *et al* (1982).

3.6. Acondicionamento de vacas e sua resposta produtiva

ROMAN-PONCE *et al.* (1977) concluíram que, em região de clima subtropical, 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. 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 ótima produção de leite, BUCKLIN *et al.* (1998).

Até um limite aproximado de umidade relativa do ar de 70%, a melhor maneira de se resfriar um ambiente destinado à animais em lactação, é fazer uso da água, uma vez que a mesma possui alta capacidade calorífica e elevado calor latente de vaporização. Um outro sistema que pode ser empregado, quando a temperatura ambiente for superior à ótima, consiste em aumentar a taxa de ventilação, através do acréscimo da taxa de renovação do ar, e favorecendo-se a perda de calor por via convectiva elimina o calor produzido pelos animais e evita temperatura excessiva dentro da instalação.

Em pesquisa realizada no Missouri, com vacas holandesas submetidas a aspersão de água das 11:00h às 17:30h, 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).

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 excedeu 26 °C, produziram 4,8kg/dia a mais de leite que suas pares sem aspersão de água HALL *et al* (1997).

IGONO *et al* (1985) utilizaram aspersão de água em vacas holandesas durante o verão no Estado de Columbia (EUA) e encontraram acréscimos de 0,7 kg de leite quando as vacas foram comparadas com as sem aspersão. O efeito da aspersão foi evidente mesmo em verão moderado, onde o ITU (índice de temperatura e umidade) foi ligeiramente superior ao nível onde a produção de leite começa a decrescer. Em trabalhos realizados com vacas em lactação nos Emirados Árabes, segundo IGONO *et al* (1985) as perdas de produção de leite,

devido ao verão, foram reduzidas em 2,8%, com o uso de aspersão de água, sendo que, no total de 305 dias de lactação, representaram 0,6%.

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 (39,49 °C x 38,94 °C) e na frequência respiratória, com menor redução na produção de leite. Os autores observaram ainda que, associada a 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 a temperatura variou de 24 °C a 33 °C e a umidade relativa de 70% a 90%. Os maiores valores de temperatura retal foram encontrados para as vacas sem ventilação, não havendo diferença na produção de leite, sendo que as vacas do grupo controle apresentaram menor persistência da lactação. FOLMAN *et al.* (1979), em experimento similar, 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, e concluíram, ainda, que estruturas de sombreamento suplementadas com ventiladores melhoraram as respostas produtivas em vacas lactantes.

FRAZZI (1998) *apud* SILVA (1998) trabalhando com quatro sistemas de controle ambiental, onde se utilizou ventilação natural, ventilação forçada, ventiladores com aspersão de água e resfriamento com água fria, encontrou reduções na produção de leite de 11, 9, 8 e 3,7% respectivamente.

3.7. Índices de conforto térmico

Segundo CLARK (1981), o objetivo dos índices de conforto térmico, desenvolvidos tanto para humanos como para animais, é o de apresentar em uma única variável, fatores que caracterizem o ambiente térmico e o estresse que o mesmo possa estar causando em um animal. Afirmar ainda, que o desenvolvimento de um índice de conforto térmico, deve levar em conta, os elementos meteorológicos importantes ao desenvolvimento da espécie animal e o peso que deve ser dado aos vários elementos, refletindo sua importância relativa ao animal de certa idade com determinadas características.

Muitos índices de estresse ambiental vêm sendo utilizados em animais, levando-se em conta a frequência respiratória, o volume de ar respirado, a pulsação, a temperatura de superfície corporal, a temperatura corporal interna, o nível de atividade, o tipo de cobertura do corpo e outras características fisiológicas. A temperatura do corpo, a frequência respiratória e o volume de ar respirado são as respostas ao estresse térmico mais utilizadas, isoladamente ou em combinação para o desenvolvimento dos índices de conforto térmico, FEHR *et al.* (1983).

BAËTA *et al* (1987), afirmaram que as respostas dos animais ao estresse térmico são fisiológicas e comportamentais, variando de espécie para espécie. Devido à essas variações, os índices que foram desenvolvidos para respostas humanas, não são diretamente aplicáveis para animais.

Segundo BUFFINGTON *et al* (1981), o estresse devido ao calor é definido como todas as combinações de condições ambientais, que causam uma temperatura efetiva do ambiente maior que a zona termoneutra dos animais. Os quatro fatores ambientais que mais influenciam as temperaturas efetivas são: temperatura de bulbo seco, umidade, radiação e velocidade do vento. A exata combinação das condições ambientais em um índice, é impossível de se especificar para uma espécie particular de animal.

NÄÄS (1989), classificou os índices de conforto térmico conforme as variáveis que servem de base para seu desenvolvimento. Os índices biofísicos são os baseados nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e correlacionam os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam. Os índices fisiológicos são os que se baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar. Já os índices subjetivos, são os que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto, experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

A Temperatura Efetiva (T_e) desenvolvida por YAGLOU (1927), citado por CLARK (1981), é definida como a temperatura do ar parado, saturado com vapor d'água, que produz a mesma sensação de calor para humanos submetidos ao mesmo ambiente. Combina os efeitos de perda ou ganho de calor por convecção e evaporação. O efeito da radiação é

introduzido, substituindo a temperatura de bulbo seco, pela temperatura de globo negro. O peso do termo radiação na equação estará de acordo com a onda de radiação, e a natureza da cobertura (pelame) do animal.

Segundo NEVINS (1961), o Índice de Temperatura Efetiva define combinações entre temperatura, umidade e movimentação do ar, os quais induzem a mesma sensação de calor em condições termoequivalentes.

Uma das mais importantes causas do estresse térmico para o animal, é a radiação solar. Um índice que envolve este fator foi determinado por MINARD *et al.* (1957), citados por CLARK (1981).

O Índice de Temperatura de Globo e Bulbo úmido (WBGT) é baseado nas medidas da temperatura de globo, da temperatura de orvalho e da temperatura ambiente. E é dado pela seguinte equação:

Equação 2

$$WBGT = 0,7 TBU + 0,2 TG + 0,1 TA$$

Em locais sombreados e adequadamente ventilados temos:

Equação 3

$$WBGT = 0,7 TBU + 0,3 TG$$

onde:

TBU = temperatura de bulbo úmido (°C)

TG = temperatura de globo (°C)

TA = temperatura ambiente (°C)

Segundo NÄÄS (1989), o fundamento da utilização desse índice, está na consideração de que o estresse devido ao calor por irradiação solar é uma parcela significativa da troca térmica seca. O índice não engloba a velocidade do ar, entretanto, para termômetros de globo com diâmetros grandes, há diferenças de leitura quando a velocidade do ar está acima de 1 m/s.

O WBGT, segundo OLIVEIRA (1980), foi originalmente desenvolvido para humanos, com a finalidade de descrever condições térmicas críticas em operações armadas do Exército, entretanto, o autor utilizou este índice para medir a performance de suínos em terminação.

Segundo BUFFINGTON *et al.* (1981), o índice de conforto mais comum existente é o Índice de Temperatura e Umidade (THI), desenvolvido originalmente por THOM (1958) citado por BUFFINGTON *et al.* (1981), e adotado pela U.S. Weather Bureau em 1959 como índice de conforto térmico para humanos.

Uma das formas da equação do THI é:

Equação 4

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

onde:

TBS = temperatura de bulbo seco (°C)

TBU = temperatura de bulbo úmido (°C)

CARGILL e STEWART (1966), observaram que as mesmas variáveis psicrométricas causadoras do desconforto térmico em humanos, também causam 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 declina. Os autores sugerem que, as instalações destinadas às vacas leiteiras, não devem atingir um THI maior que 75.

Já, JOHNSON *et al.* (1963), afirmaram que os declínios na produção de leite são maiores conforme o aumento no THI. Em um THI de 70 ou menos, as vacas não sentem desconforto térmico. Entretanto em um THI acima de 75, o consumo de alimentos declina e a produção é reduzida.

BERRY e SHANKLIN (1964), afirmaram que o declínio na produção de leite em vacas holandesas, é funcionalmente tratado pela seguinte equação que envolve o THI:

Equação 5

$$\text{MDEC} = - 1,075 - 1,736 (\text{NL}) \cdot (\text{THI})$$

onde:

MDEC = Medida de declínio na produção de leite em (kg/dia/vaca)

NL = Nível normal de produção em (kg/dia/vaca)

Segundo BUFFINGTON *et al.* (1981), o THI engloba os efeitos combinados de temperatura de bulbo seco e umidade para o conforto e performance animal. O BGHI (Índice de Umidade e Temperatura de Globo), integra a temperatura de bulbo seco, umidade, nível de radiação e movimentação do ar. O BGHI é calculado de acordo com:

Equação 6

$$BGHI = TG + 0,36TPO + 41,5$$

onde:

TG = temperatura de globo negro, (°C);

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

O mesmo autor afirma 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 ar são 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 variam diretamente com a BGHI, enquanto que a produção de leite e a eficiência reprodutiva estão inversamente relacionadas, (BUFFINGTON *et al.*, 1981).

A temperatura operacional de um ambiente, segundo CLARK (1981), combina os efeitos físicos da temperatura da radiação (T_r), da temperatura ambiente e da movimentação do ar. A temperatura operacional é dada pela seguinte equação:

Equação 7

$$Top = (hr \cdot Tr) + (hc \cdot Ta) / (hr + hc)$$

onde:

hc = coeficiente de transferência de calor por convecção

hr = coeficiente de transferência de calor por radiação

T_r = temperatura média radiante, ($^{\circ}\text{C}$)

T_a = temperatura do ar, ($^{\circ}\text{C}$)

Incorporando a velocidade do ar na equação, segundo GAGGE (1965), citado por CLARK (1981), tem-se a temperatura operacional (Top) dada por:

Equação 8

$$Top = (1 / 1+k) * [k (17,7 + Tr) + (V / Vo) * (17,7 + Ta) - (Vo,5 / Vo) * (17,7 + tsk) - 0,55] - 17,7$$

Onde:

tsk = temperatura da superfície corporal ($^{\circ}\text{C}$)

$k = (hr / hc)$

V = velocidade do ar (m/s)

V_0 = velocidade média do ar (m/s)

ORITSLAND (1974), citado por CLARK (1981), apresentou um índice denominado de "Vento Frio" e de "Radiação Solar", para animais com pêlo ou plumas, baseado nas relações de balanço térmico. O índice engloba as médias de perda de calor, como função do peso corporal e da cobertura superficial do animal sob condições naturais de clima seco. Não se trata de uma expressão completa do processo de perda de calor, mas de um índice de referência para respostas ao frio.

O Índice de Temperatura Equivalente (ETI), desenvolvido por BAËTA *et al.* (1987), teve como base dois indicadores de estresse para o gado de leite: os níveis de armazenagem de calor no corpo e os níveis de produção de leite. Para uma combinação de temperatura, umidade e movimentação do ar, o ETI é definido como a temperatura de bulbo seco, equivalente a 40% de umidade relativa, e 0,5 m/s de velocidade do ar.

Estes estudos indicam que, quando observando os dados experimentais de temperatura de bulbo seco que levam ao estresse térmico animal, concluiu-se que umidades acima de 40%, incrementam o estresse sentido pelos animais. Já os 0,5 m/s de velocidade, reproduzem as condições reais de um animal abrigado, e não é um valor que alivia o estresse térmico do animal.

O ETI aplica-se a temperaturas ambientais de 16 a 41°C, umidades relativas de 40 a 90% e velocidade do ar de 0,5 a 6,5 m/s, e é dado pela equação:

Equação 9

$$ETI = 27,88 - 0,456 * t + 0,010754 * t^2 - 0,4905 * h + 0,00088 * h^2 + 1,1507 * V - 0,12644 * V^2 + 0,019876 * t * h - 0,046313 * t * V$$

Onde:

t = temperatura do ar (°C)

h = umidade relativa do ar (%)

V = velocidade do ar (m/s)

BAËTA *et al.* (1987), demonstraram as faixas de ETI que são classificadas como livre de estresse (valores de índice compreendidos entre 18 a 27°C), cuidado com estresse (27 a 32°C), extremo cuidado (32 a 38°C), perigo (38 a 44°C) e extremo perigo (valores maiores que 44°C). O estabelecimento dessas faixas foi baseado em recomendações da National Weather Service.

Tais faixas são extremamente importantes para que os produtores possam observar o nível de estresse térmico que o animal está sendo submetido através de um único número representado pelo índice de conforto.

PICKERING (1982) apresenta modelos para análise do ambiente nos quais os elementos de entrada são temperatura de bulbo seco, sendo calculada a radiação solar direta e difusa com os demais dados ambientais fornecidos ao modelo. ASHRAE (1985) propõe a radiação difusa expressa em termos de radiação solar estimados por modelos matemáticos. GOMES (1987) sugere que, dadas duas variáveis X e Y, das quais X é fixada com grande

exatidão, a teoria da regressão deve ser preferida, ao invés de coeficientes de correlação ou de determinação, como medida de dependência entre as variáveis. Em casos de interesse científico em que não há possibilidade de repetições para os dados a serem coletados, como é o caso de variáveis meteorológicas, o autor afirma que a regressão polinomial pode ser realizada, com justificável aceitação, utilizando como resíduo, o quadrado médio dos desvios da regressão.

Os ajustes de curvas poderão ser efetuados pelo método dos quadrados mínimos, tradicional e mais indicado para o propósito em pauta (HOFFMAN e VIEIRA, 1989; GOMES, 1987; PEREIRA e ARRUDA, 1987)

Estudando uma adaptação do índice ETI para vacas em semi-confinamento, LALONI (1997), encontrou que havia diferenças estatisticamente significativas entre os valores de ETI para vacas confinadas em freestall, quando comparadas com as mesmas vacas em semi-confinamento. Para ser desenvolvida uma equação matemática que refletisse o fenômeno, foram analisados os dados de baixa, média e alta produtividade. Dados aplicados ao programa Pró leite foram utilizados e tudo foi inserido no programa Minitab®, resultando na equação de expectativa de produção de leite, que segue.

Equação 10

$$\text{MPI} = 29.84 - 0.11519 t + 0.00059 \text{ RH} - 0.30525 v$$

onde:

MPI = Índice de produção de leite, l/dia

t = temperatura, °C

RH = umidade relativa %

v = velocidade do vento, m/s.

4. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa Zootécnica Nordeste do Instituto de Zootecnia, Ribeirão Preto, SP, no período de janeiro a maio de 1999.

A região de Ribeirão Preto situa-se na latitude 21° 11' S e longitude 47° 48' W, com altitude média de 621 m. A precipitação pluviométrica média anual é igual a 1.416 mm, com pico durante o verão, e a temperatura média anual relativa ao período é 21,6 °C.

Os dados foram analisados utilizando-se os programas computacionais Statistica 5.1, Stata 5.0, e Spad 3.5.

Os tratamentos utilizados foram os seguintes: Tratamento A - as vacas permaneceram por um período 30 minutos, antes da ordenha, em sala de espera guarneçada com chuveiro e ventiladores. Tratamento B – as vacas não tiveram acesso a esta sala de espera (controle). Fora do período de ordenha as vacas tiveram acesso ao pasto.

4.1. Seleção dos animais

Foram selecionados animais com características genéticas e morfológicas homogêneas, da raça Jersey, de genética de alta produtividade.

As 29 vacas utilizadas eram da raça Jersey, puras por origem (P.O.), em lactação, distribuídas em dois esquemas de manejo (A e B). No tratamento A, antes da ordenha, os animais permaneceram por um período 30 minutos, em média, em sala de espera guarnecida com chuveiro e ventiladores, e no tratamento B, os animais não tiveram acesso a esta sala de espera (controle).

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia, com ordenhadeira mecânica.



Figura 9. Vista parcial das vacas passando pelo chuveiro em funcionamento, no tratamento A.



Figura 10. Vista parcial das vacas na espera , no tratamento B.

Fora do período de ordenha, os animais permaneceram em área sombreada, bosque, com livre acesso a piquetes de capim Tanzânia, em esquema de pastejo rotacionado. Foi fornecida ração composta basicamente de milho, farelo de soja, caroço de algodão e sorgo picado em cochos móvel, instalado no bosque.

4.2. Coleta de variáveis ambientais e fisiológicas

Os parâmetros ambientais, fisiológicos e comportamentais foram coletados, tanto no interior, como nas áreas externas de movimentação dos animais.

As medidas das variáveis climáticas foram feitas diariamente, tanto no exterior como no interior das instalações, sendo que as referentes ao ambiente externo foram obtidas junto ao Instituto Agrônomo, distante aproximadamente 3 km. Foi também coletada a

temperatura de solo utilizando-se um termômetro de mercúrio Incotherm®, com 0,1 °C de precisão.

A coleta de dados foi feita diariamente de janeiro a maio de 1999, nos seguintes horários: 9:00h, 11:00h, 13:00h, 15:00h e 17:00h. As medições de temperatura de bulbo úmido e bulbo seco foram feitas através de higrômetros digitais de marca Instrutherm®, com precisão de 0,1°C e termômetros de mercúrio.



Figura 11. Vista do termômetro de globo e do higrômetro

O controle leiteiro foi feito durante cinco dias por semana, sendo medida a temperatura retal dos animais, utilizando-se termômetro clínico após a segunda ordenha.



Figura 12. Vista dos equipamentos usados nas medidas fisiológicas

Os dados de temperatura de globo foram obtidos através do uso de termômetros de globo adaptado. Este termômetro é formado pela associação de um termômetro (Incotherm®) e uma esfera plástica, recoberta com tinta preta fosca. O termômetro utilizado possui a escala variando de -20 °C a 50 °C, e precisão de 1 °C, sendo sua coluna de mercúrio. De acordo com a literatura, o termômetro de globo indica os efeitos combinados de velocidade do ar, temperatura e principalmente de radiação.

A velocidade do ar foi obtida no interior das instalações e no exterior, através do uso de um anemômetro de conchas digital de marca Kestrel®, com escala de 0 a 30m/s, e precisão de 0,1m/s.



Figura 13. Vista do anemômetro utilizado

A temperatura da pele foi medida com termômetro de infravermelho digital de marca Raytec, tendo sido registrada após as ordenhas. Foram coletados os dados de temperatura de pele nos seguintes locais: testa, dorso e úbere das vacas.

O esquema do local onde foi realizado o experimento, encontra-se na Figura 14.

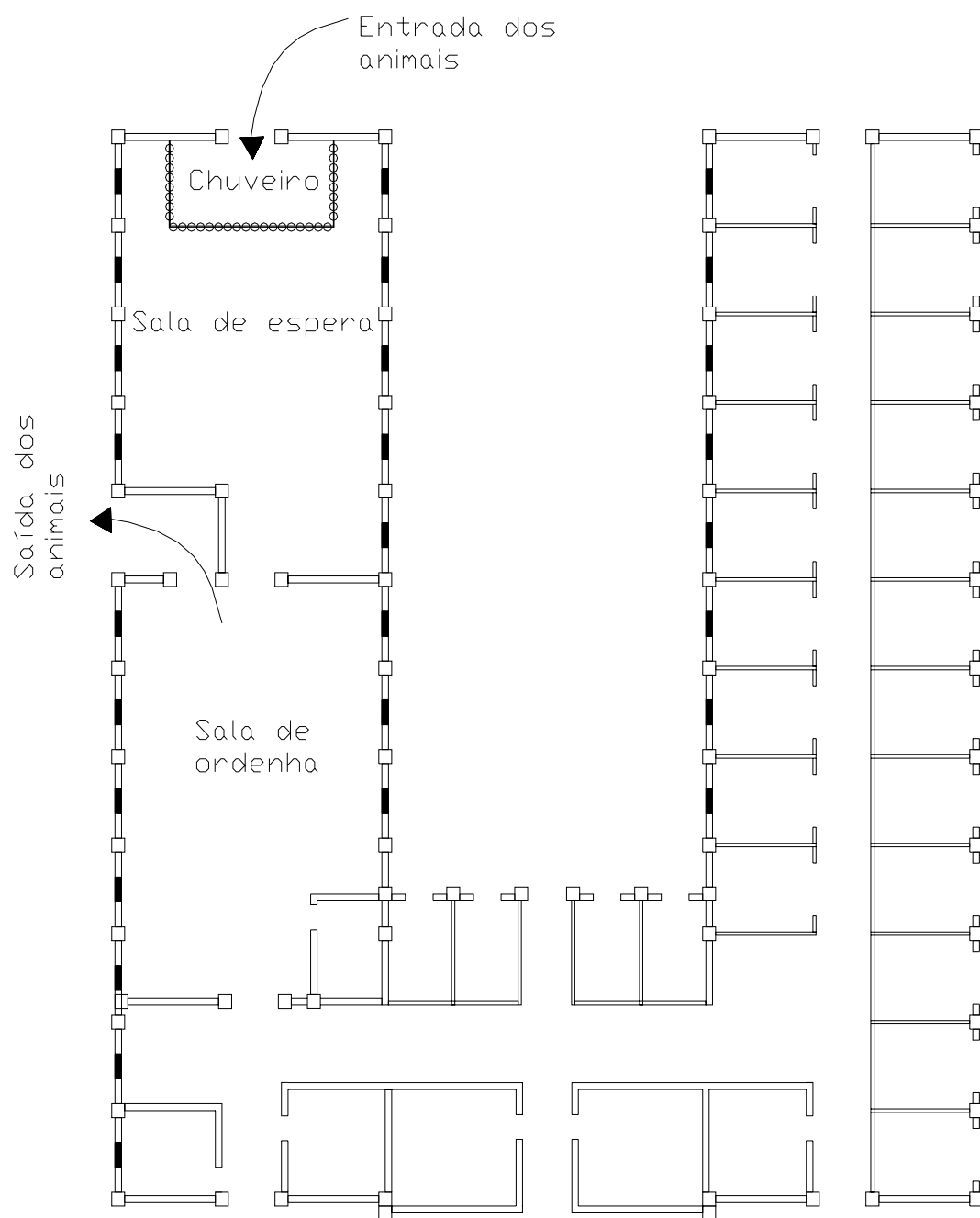


Figura 14: Esquema da planta baixa do local do experimento



Figura 15. Vista do termômetro de infravermelho utilizado para leitura da temperatura de pele

4.3. Análise dos dados

Foi realizada uma análise estatística onde foram comparados os dois tratamentos de climatização da pré ordenha, a fim de se comparar a produção.

Os dados observados e suas relações com a produção, foram explorados de modo a ter-se interpretações de evidências que direcionem a uma modelagem verossímil.

Para os gráficos e análises foram utilizados os pacotes computacionais Statistica 5.1 e Stata 5.0 respectivamente. Para as análises de Componentes Principais utilizou-se o Spad 3.5.

4.4. Metodologia estatística

Foram utilizadas estatísticas descritivas para a análise exploratória e recursos gráficos do pacote Statistica 5.0, como a interpolação por Mínimos Quadrados Ponderados;

Para a análise e seleção das variáveis climáticas utilizou-se a Análise de Componentes Principais (JOHNSON, 1990). Esta técnica permite a redução do espaço das variáveis estudadas a um plano, permitindo comparações entre as observações (dias, neste trabalho) através dos escores obtidos. Também permite entender de forma gráfica a estrutura de correlação entre as variáveis;

Todas as regressões aplicadas utilizaram modelos de efeito aleatório (Jones, 1993). Este modelo mostra-se adequado para o tipo dos dados observados (medidas repetidas). Vale ressaltar que a escala de tempo foi convertida em uma seqüência de números inteiros, respeitando a distância original entre os dias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 resume os dados de produção que geraram as análises de variância.

Tabela 2. Resumo dos dados de produção por tratamento (A e B) dentro do mês

<i>Mês/ Trat.</i>	<i>Obs</i>	<i>Média</i>	<i>Desv. Pad.</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx</i>
Jan/ A	135	10,97	4,12	2,8	22,1
Jan/ B	132	10,75	4,31	4,2	21,6
Fev/ A	103	11,86	3,97	4,5	19,8
Fev/ B	107	11,05	4,59	3,6	21,8
Abr/ A	60	11,13	3,11	3,8	16,3
Abr/ B	47	11,58	4,75	3,2	18,7

A Figura 16 mostra a evolução da produção diária dos animais do estudo. A linha em vermelho representa a interpolação através de Mínimos Quadrados Ponderados, e pode ser interpretada como a média diária da produção.

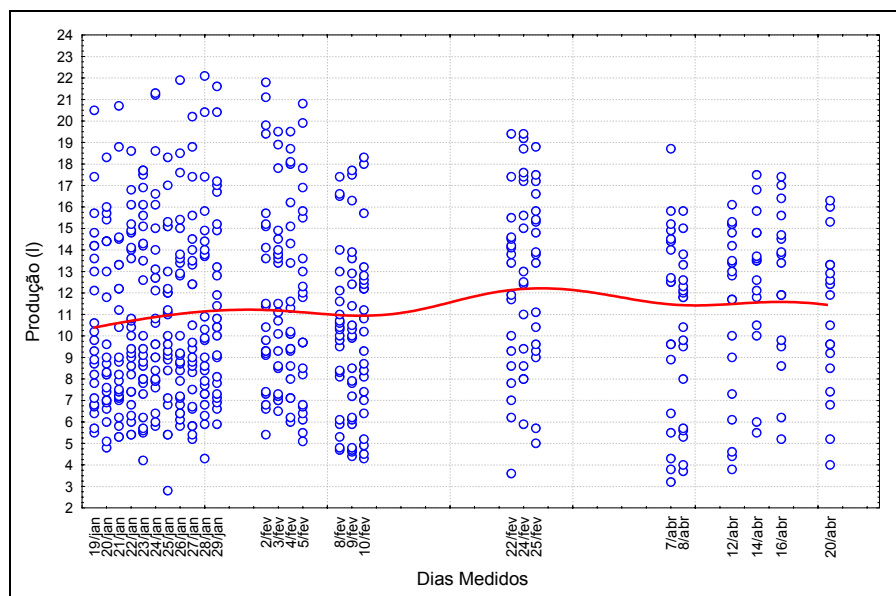


Figura 16. Dados diários de produção (l) e curva de interpolação para média diária

A Tabela 3 apresenta uma análise de variância para a produção mensal, através de um modelo linear de efeitos inerentes (nested), ou seja, são estimados os efeitos dos tratamentos dentro dos meses. Pode-se assim ter alguma evidência de efeito do tratamento levando em conta as diferenças de características entre os meses que possam influenciar a produção.

Observa-se que os efeitos (diferenças de médias) estimados não são estatisticamente significantes. Mas fazendo uma interpretação destes coeficientes nota-se que há um aumento da produção média de fevereiro (0,3 l aproximadamente em relação a abril (referência padrão)), sendo dentro deste mês também a maior diferença entre os tratamentos, onde o grupo do tratamento A apresentou um aumento médio de 0,81 l aproximadamente em relação ao controle.

Tabela 3. Análise de variância para efeitos de tratamento dentro (*nested*) no mês.

<i>Prod.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Erro Pad.</i>	<i>t</i>	<i>P > t </i>	<i>[Interv. de Conf. 95%]</i>	
constante	11,58	0,61	18,91	0,00	10,37	12,78
Coeficientes para mês						
Janeiro	-0,827	0,712	-1,16	0,246	-2,227	0,573
Fevereiro	-0,521	0,734	-0,71	0,478	-1,964	0,920
Abril	Referência Padrão					
Efeito de tratamento dentro do mês (trat. 1 - trat. 2)						
Janeiro	0,229	0,513	0,448	0,655	-0,779	1,234
Fevereiro	0,809	0,579	1,397	0,163	-0,328	1,946
Abril	-0,442	0,817	-0,541	0,589	-2,048	1,163
Efeito de mês						
Janeiro	-0,602					
Fevereiro	0,288					
Média de Abril	11,332					

No entanto este efeito se inverte em abril, sendo que o grupo que recebeu o tratamento A apresentou uma produção média menor em 0,4 l em relação ao grupo do tratamento B. Observa-se um acréscimo na produção de janeiro para fevereiro de cerca de 0,9 l.

A grande variabilidade na produção em ambos grupos (tratamento A e tratamento B), e o pequeno tamanho do efeito em relação a esta variabilidade, podem ser responsáveis pela não significância estatística. Entretanto, estes efeitos podem ser interpretados no contexto da teoria estudada como alguma evidência de efeito real. Pode-se visualizar estes efeitos na Figura 17.

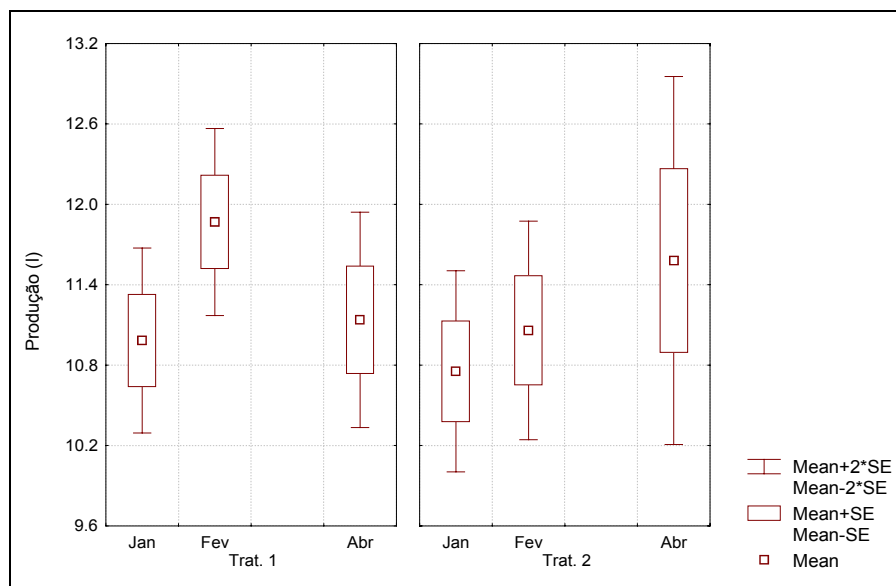


Figura 17. Médias e erro padrão para produção por tratamento, dentro do mês

5.1. Análise das variáveis climáticas

As variáveis climáticas têm papel explanatório neste trabalho em termos de modelagem para previsão da produção de leite. Estes modelos sempre se comportam melhor e apresentam resultados mais fidedignos quando se tem garantia da estrutura de correlação entre as variáveis explanatórias, sendo que, quanto menor forem estas correlações, melhor será o modelo ajustado.

Tratando-se de variáveis climáticas pode-se imaginar que exista uma estrutura de correlação entre temperatura, radiação, umidade relativa, etc. Logo a escolha das variáveis deve depender desta estrutura.

Da mesma forma, a variável explanatória deve ser observada em uma amplitude que permita captar diferenças na resposta.

Logo, por ter-se uma grande quantidade de variáveis climáticas, a técnica de Componentes Principais (PCA) (JOHNSON, 1990) se encaixa perfeitamente no estudo da estrutura de correlação e de uma pré seleção das explanatórias baseadas nas características acima descritas.

A Tabela 4 mostra que os dois primeiros eixos devem ser analisados, sendo que o terceiro apresenta alguma explicação adicional e deve ser estudado. Os demais contribuem pouco em termos de explicação. Com os três eixos temos reproduzido 68% de toda estrutura de correlação.

Tabela 4. Diagrama para escolha de eixos na Análise de Componentes Principais (PCA)

<i>Número</i>	<i>Valor Próprio</i>	<i>Porcentagem</i>	<i>Porcentagem acumulada</i>	
1	5,0926	29,96	29,96	***** ***** *****
2	3,1308	18,42	48,37	***** *****

3	1,6364	9,63	58,00	*****
4	1,3228	7,64	65,84	*****
5	1,2764	7,51	73,35	*****
6	0,9539	5,61	78,96	*****
7	0,8611	5,07	84,02	*****
8	0,6151	3,62	87,64	*****
9	0,5082	2,99	90,63	*****
10	0,4812	2,83	93,46	*****
11	0,3486	2,05	95,51	*****
12	0,3178	1,87	97,38	*****
13	0,2003	1,18	98,56	****
14	0,1140	0,67	99,23	**
15	0,0590	0,35	99,58	*
16	0,0521	0,31	99,88	*
17	0,0198	0,12	100,00	*

Geometricamente a correlação entre duas variáveis é igual ao cosseno do ângulo formado pelos vetores representantes das variáveis (Johnson, 1990). O diagrama de correlação (Figura 18) é um resultado da PCA que auxilia a interpretação da estrutura de correlação do ponto de vista geométrico. Setas próximas (ângulo fechado entre as setas), e com boa representação, indicam que as variáveis são correlacionadas positivamente entre si (cosseno próximo de 1). Setas que formam ângulos próximos de 90° indicam independência (cosseno próximo de 0). O tamanho das setas no diagrama deve ser interpretado como a contribuição, ou a qualidade de representação, da variável no plano formado pelos dois primeiros componentes principais.

Os componentes apresentados (Figura 18) podem ser interpretados como um fator de temperaturas (Facteur 1) e de precipitação (Facteur 2). Observa-se nitidamente a forte correlação entre as variáveis de Radiação (RADI, RADR) e a correlação destas com as temperaturas, principalmente a temperatura máxima do ar (TAMAX) e do solo (TS1MAX).

Também pode-se observar a correlação entre as variáveis de temperatura, de forma mais marcante temperatura mínima do ar (TAMIN) e do solo (TS1MIN), ou seja, as temperaturas mínimas, do solo e do ar estão altamente associadas.

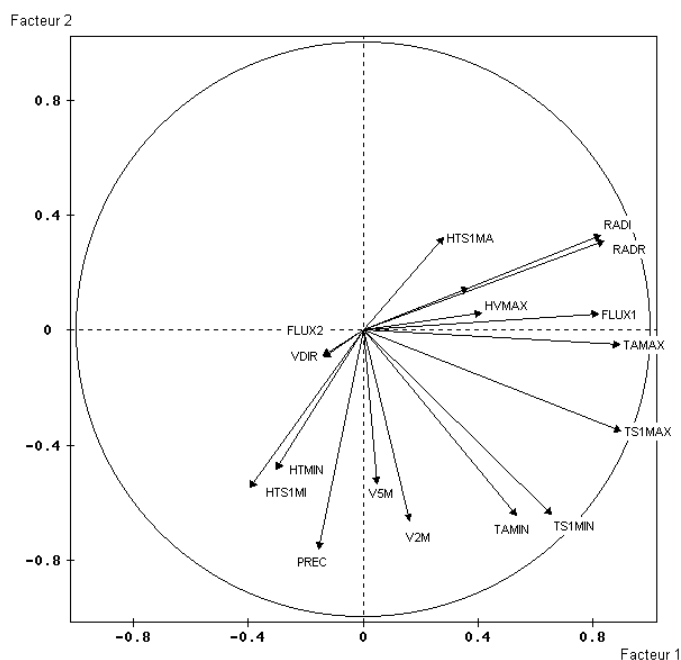


Figura 18. Diagrama de correlação das variáveis climáticas (1º e 2º eixos)

A posição da seta que representa precipitação (PREC) forma um ângulo próximo de 90° com as variáveis já citadas, indicando independência desta com as demais variáveis ambientais, e merece destaque por este fato. As outras variáveis não trouxeram grande contribuição na explicação do conjunto de dados climáticos, devido talvez a sua pequena amplitude, como se pode notar pelo tamanho das setas representadas.

Desta forma optou-se por estudar o cenário climático utilizando-se as variáveis citadas acima, através de análise de agrupamentos (Johnson, 1990). Esta análise procurou grupos nos dias conforme o seu perfil climático.

Esta análise resultou em três grupos segundo suas características climáticas marcantes, e foram assim definidos: o grupo 1 indica dias com clima úmido, com precipitação média alta e temperatura média, em torno de 24°; o grupo 2 indica dias secos e com temperatura baixa (em relação ao período estudado); e o grupo 3 apresenta dias com algumas precipitação e temperaturas altas, ou seja, dias quentes e úmidos, típicos de verão. A Figura 19 mostra a posição destes grupos nessa relação.

Tabela 5. Medidas descritivas das variáveis climáticas selecionadas.

	<i>Média</i>	<i>Desv. Pad.</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>
RADINC	386,398	75,56693	121,7	504,3
RADIR	52,346	16,65211	3,01	80,6
TAMAX	32,003	3,09524	20,01	36,95
TAMIN	18,5878	2,05715	8,23	21,01
TSLMAX	31,2993	3,33445	24,09	35,81
TSLMIN	24,9174	2,13701	16,79	28,01
PRECIP	7,0203	11,6886	0	47

Nota-se que o grupo 1 é composto por dias atípicos no período estudado, ocorrendo mais comunmente nos meses de abril e maio. O grupo 2 são os dias típicos dos meses de abril e maio, com chuva e temperaturas mais amenas. O grupo 3 são os dias típicos de janeiro, fevereiro e março.

Desta forma estas foram as variáveis estudadas em termos de modelagem. A Figura 20 mostra as relações entre estas variáveis. Como visto na PCA as variáveis de temperatura e

radiação são correlacionadas e deverão entrar nos modelos de forma separada, e estes modelos comparados para a escolha de um modelo final.

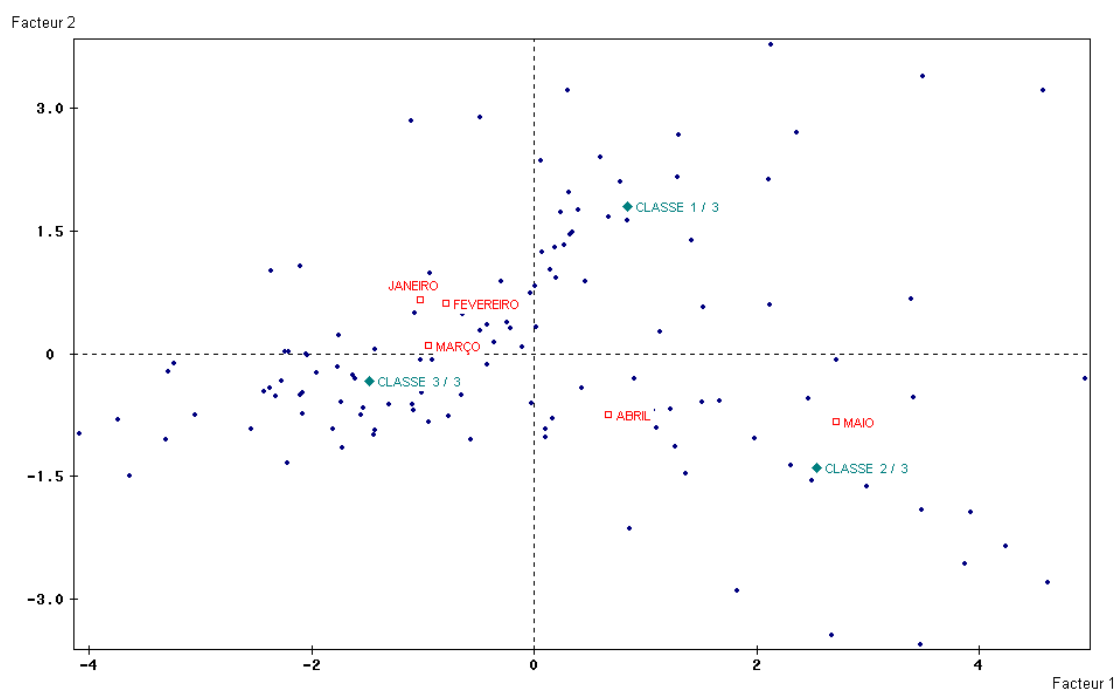


Figura 19. Agrupamentos dos dias em termos de perfil climático

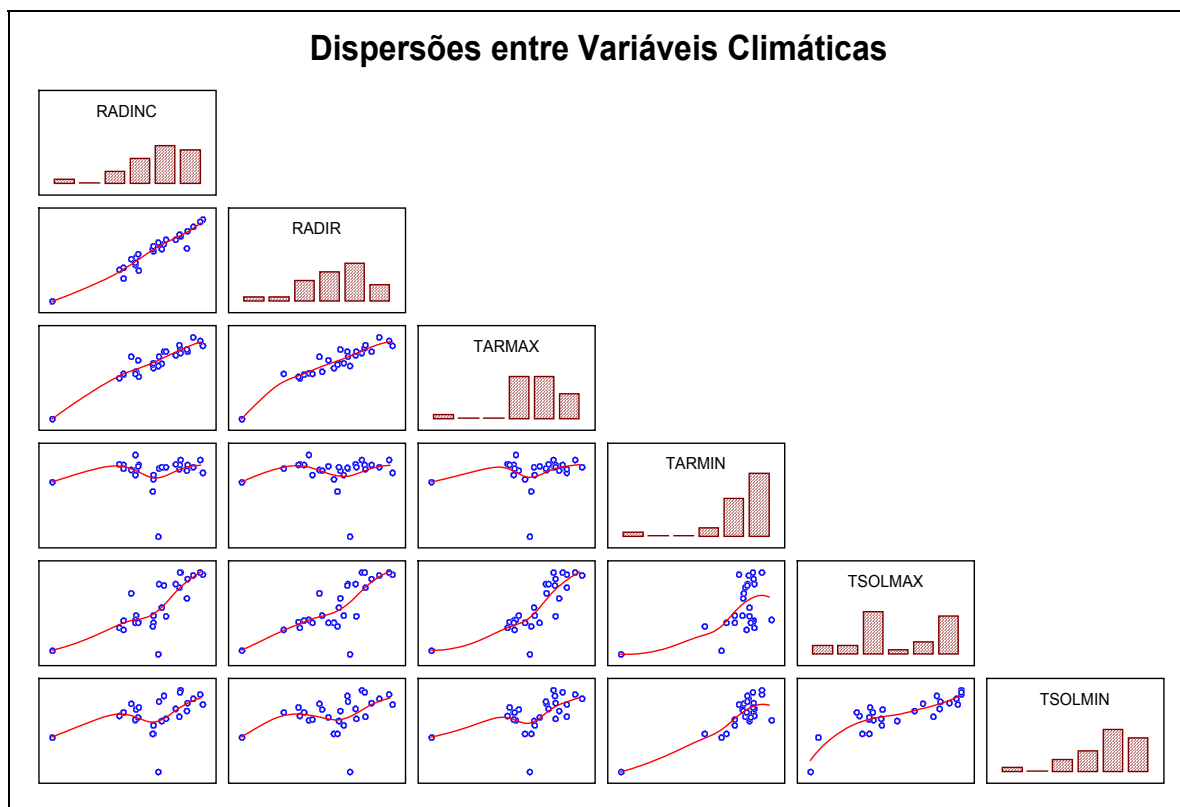


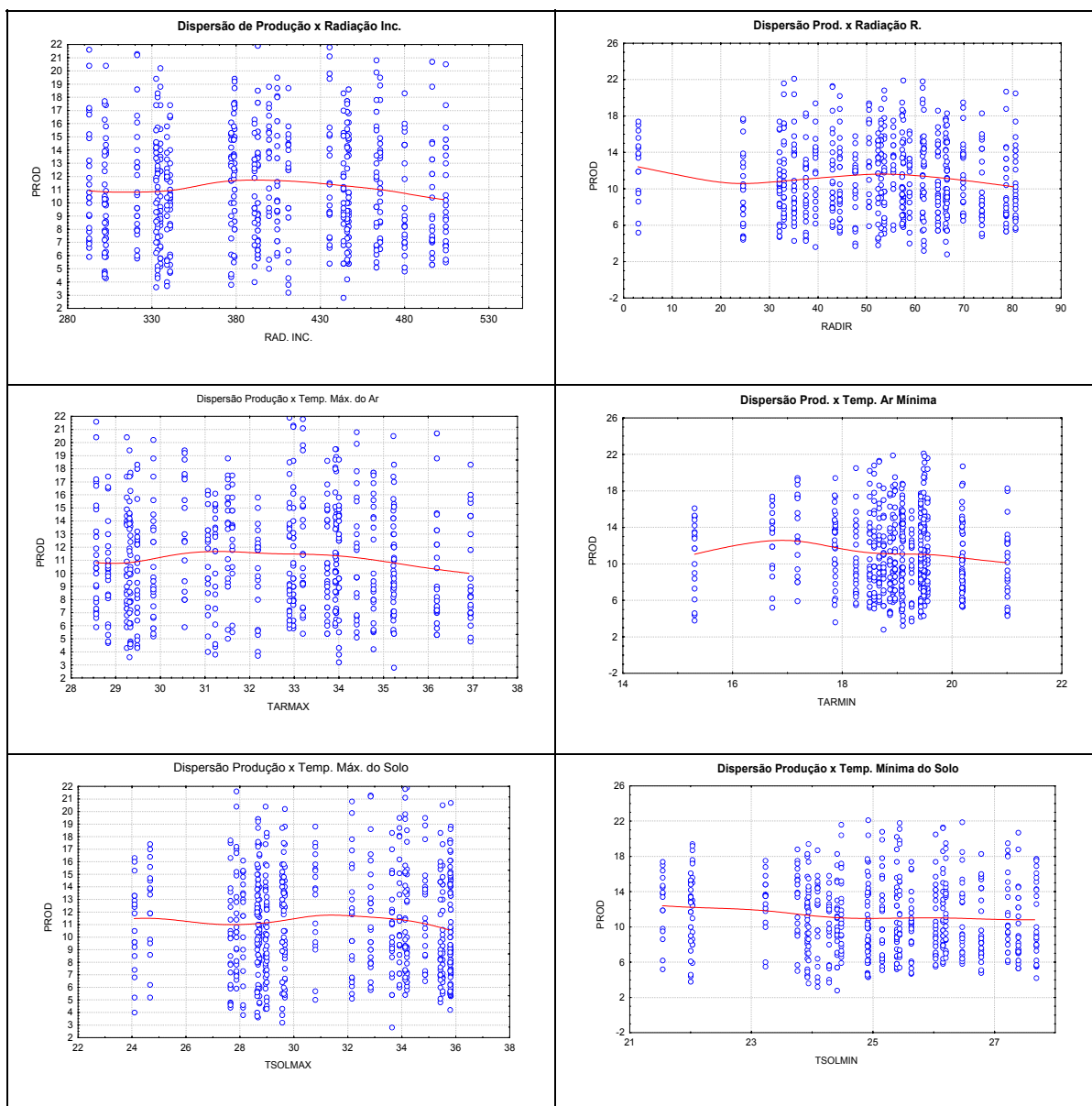
Figura 20. Relações entre as variáveis climáticas selecionadas

5.2. Efeitos das variáveis climáticas na produção

A Figura 21 apresenta os efeitos das variáveis climáticas na produção de leite. Foram ajustadas as curvas de interpolação através de Mínimos Quadrados Ponderados, para uma idéia visual do modelo a ser adotado.

Com exceção de precipitação (PREC) que praticamente não apresenta efeito, as demais sempre apresentam curvas que evidenciam algo próximo de um polinômio de terceiro grau, ou um efeito cúbico.

Nas temperaturas, principalmente nas máximas, observou-se um aumento de produção média de leite de aproximadamente 1 litro nas temperaturas entre 30° e 34°. Tal fato foi confirmado no modelo final.



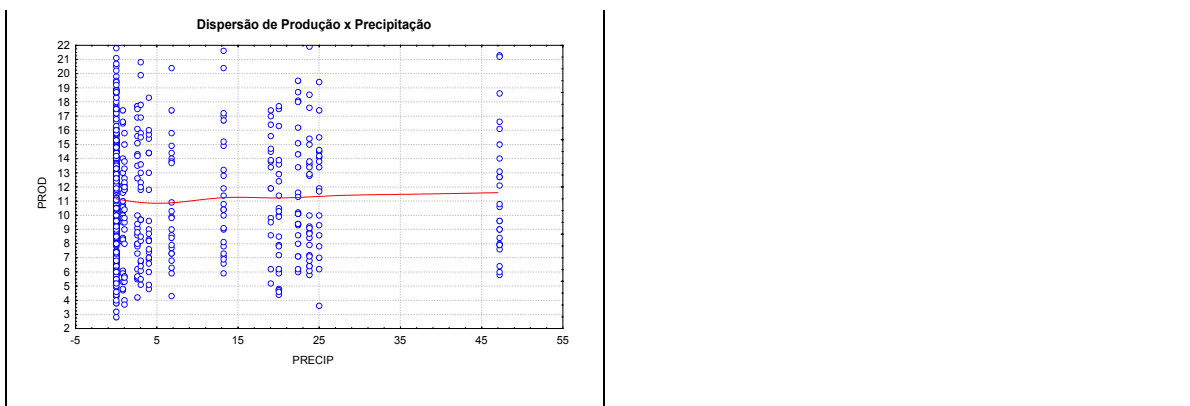


Figura 21. Efeitos das variáveis climáticas na produção diária.

5.3. Análise das variáveis dos animais

As temperaturas do corpo dos animais também foram coletadas com o intuito de serem preditoras no modelo final. Foram estudadas as características e relações destas temperaturas com a produção de leite.

A estrutura de correlação entre estas variáveis é forte, porém de simples interpretação. A matriz de correlação na Tabela 6 (coeficientes r de Pearson) apresenta esta estrutura, com valores entre 0,65 e 0,79, todos positivos.

Tabela 6. Matriz de correlação

	<i>Cabeça</i>	<i>Dorso</i>	<i>Canela</i>	<i>Úbere</i>
<i>Cabeça</i>	1,0000			
<i>Dorso</i>	0,7935	1,0000		
<i>Canela</i>	0,6550	0,7953	1,0000	
<i>Úbere</i>	0,7366	0,7730	0,7000	1,0000

Nota-se o efeito do tratamento nas temperaturas de pele. O quadro abaixo (Tabela 6) apresenta as estatísticas descritivas para as temperaturas, por tratamento. Nos animais que foram submetidos ao tratamento A apresentam temperaturas mais baixas que os demais.

Tabela 7. Estatísticas descritivas para temperaturas de pele dos animais, por tratamento

Tratamento B					
<i>Local</i>	Obs,	Média	Desv, Pad,	Mín	Máx
<i>Cabeça</i>	300	34,02	3,57	20,4	39,4
<i>Dorso</i>	300	35,82	2,49	27,2	39,7
<i>Canela</i>	300	34,06	3,11	23	39,1
<i>Úbere</i>	300	36,71	1,90	28,8	40,3
Tratamento A					
<i>Cabeça</i>	287	33,18	3,27	23,1	47,2
<i>Dorso</i>	287	34,94	2,13	25,6	38,4
<i>Canela</i>	287	32,68	2,95	23	38
<i>Úbere</i>	287	36,21	1,28	30,3	38,9

Realizou-se então uma Análise de Variância (ANOVA) com um modelo de efeitos aleatórios, para verificar a correlação intra-animal, ou seja, o efeito do tempo nas medidas repetidas de produção, semelhante aos modelos empregados para previsão. Estas ANOVA foram feitas tendo as temperaturas como variáveis resposta. Foi ajustado um modelo para cada tipo de temperatura, apesar da forte dependência entre as mesmas, apenas por questão descritiva.

Um modelo para a média das temperaturas também foi ajustado. Os resultados estão na Tabela 8 abaixo.

As diferenças são significativas em todas as temperaturas, sendo mais marcante na canela, onde a diferença é de 1,37° C a menos nas vacas do tratamento A. O menor efeito foi no úbere, de apenas 0,5° C.

Tabela 8. ANOVA para temperaturas de pele dos animais

<i>Local</i>	<i>Coef.</i>	<i>Erro Pad.</i>	<i>t</i>	<i>P > t </i>	<i>[Intervalo de conf. 95%]</i>	
<i>Dorso</i>	- 0,880	0,155	-5,501	0,000	-1,175	- 0,534
<i>Cabeça</i>	- 0,837	- 0,232	-3,987	0,001	-1,404	- 0,446
<i>Canela</i>	-1,372	0,196	-6,837	0,000	-1,745	- 0,935
<i>Úbere</i>	- 0,502	0,167	-3,090	0,005	- 0,861	- 0,171
<i>Média</i>	- 0,896	0,136	-6,678	0,000	-1,190	- 0,628

No entanto observa-se na Figura 22 que o efeito das temperaturas na produção é praticamente aleatório, não há qualquer evidência gráfica de alguma tendência na produção em função das temperaturas da pele.

Este fato confirmou-se no ajuste de modelos de regressão linear com efeitos aleatórios apresentados na Tabela 9. Apesar do valor do valor-p para úbere ser de 0,08, o ajuste do modelo não se mostrou adequado ($R^2 = 0,005$).

Tabela 9. Coeficientes de regressão de temperaturas de pele sobre produção.

<i>Local</i>	<i>Coef.</i>	<i>Erro Pad.</i>	<i>z</i>	<i>P > z </i>	<i>[Intervalo de conf. 95%]</i>	
<i>Cabeça</i>	- 0,0005644	0,026026	- 0,022	0,983	- 0,0515744	0,0504455
<i>Dorso</i>	- 0,0162453	0,0382659	- 0,0425	0,671	- 0,091245	0,0587545
<i>Canela</i>	- 0,0087316	0,0292273	- 0,299	0,765	- 0,0660161	0,0485529
<i>Úbere</i>	0,095386	0,055378	1,722	0,085	- 0,0131529	0,203925
<i>Média</i>	0,0032667	0,0379784	0,086	0,931	- 0,0711696	0,077703

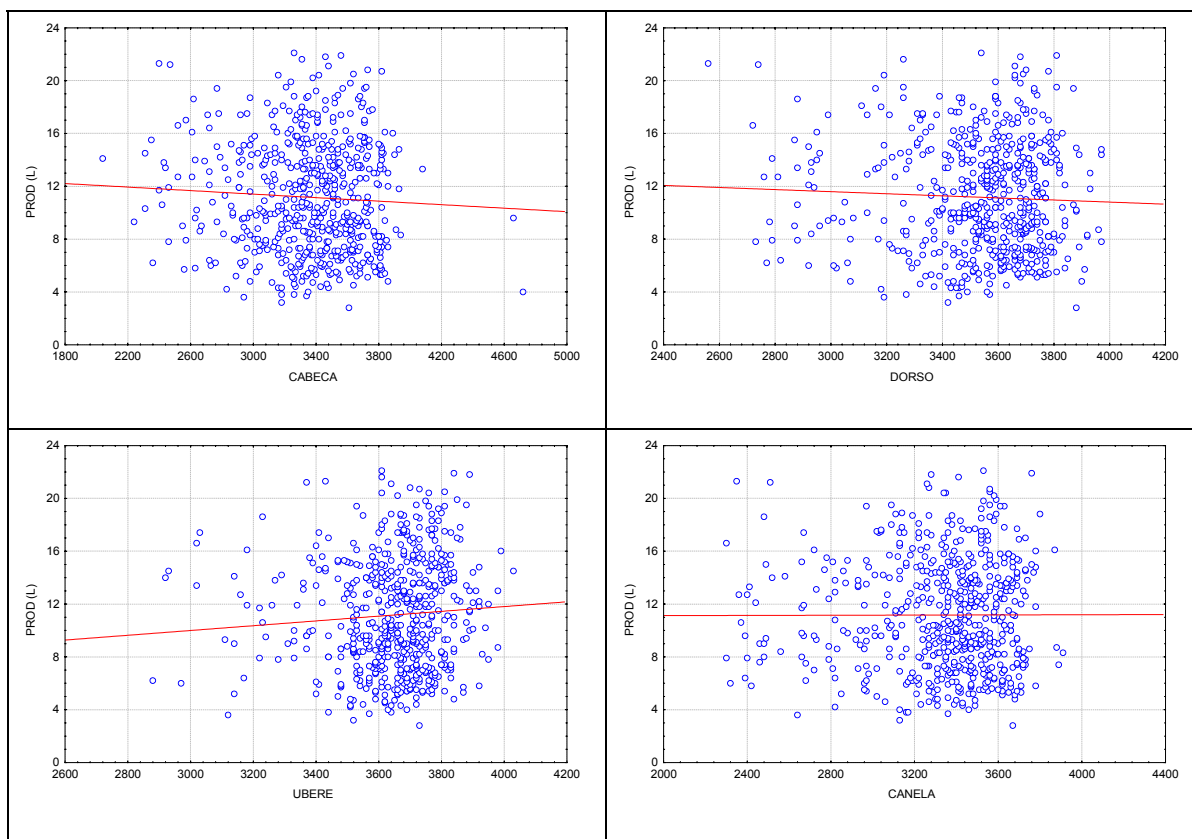


Figura 22. Gráficos de dispersão e curvas de tendência para temperaturas das peles na produção diária.

5.4. Modelo de previsão

Após as análises descritas anteriormente e ajustes de modelos para cada variável climática de acordo com as análises visuais (gráficas) chegou-se a um modelo final utilizando como preditora a variável Temperatura Máxima do Solo (T), através de um modelo de regressão polinomial cúbico (terceiro grau)¹.

Desta forma o modelo apresentado na Tabela 10 pode ser escrito como:

¹ Não foi utilizado nenhum critério formal de escolha do modelo final, por não haver um método consistente disponível para este tipo de dado. A escolha baseou-se na plausabilidade das previsões e erros padrão estimados com as análises exploratórias feitas anteriormente.

Equação 11

$$\text{Produção de leite (l)} = 176,8 - 17,70(T) + 0,62(T^2) - 0,007(T^3)$$

Tabela 10. Modelo de regressão polinomial para previsão de Produção por Temperatura Máxima do Solo

	<i>Coef.</i>	<i>Erro Pad.</i>	<i>z</i>	<i>P > z </i>	<i>{Intervalo de conf. 95%}</i>	
<i>T</i>	-17.70548	6.731614	-2.630	0.009	-30.8992	-4.511755
<i>T²</i>	.6177943	.2257365	2.737	0.006	.175359	1.06023
<i>T³</i>	-.007058	.002504	-2.819	0.005	.0119657	.0021503
<i>interc.</i>	176.7704	66.43252	2.661	0.008	46.56502	306.9757

Tabela 11. Teste de Breusch & Pagan para adequação da suposição de efeitos aleatórios.

	<i>Var</i>	<i>sd = (Var)^{0,5}</i>
<i>Produção</i>	17,6117	4,19663
<i>Efeito Animal x Tempo</i>	4,342884	2,0839587
<i>Efeito Animal</i>	8,427401	2,9029986
Teste: $\text{Var}(u) = 0$ = Variância do efeito do animal é zero $\chi^2(1) = 3700,86$ $\text{Prob} > \chi^2 = 0,0000$		

O teste apresentado na Tabela 11 refere-se à adequação da suposição de efeitos aleatórios, que foi confirmada. Um pseudo- R^2 é calculado para este tipo de modelo, sendo de 0,20 neste caso. Baixo, mas que pode ser explicado ao observar-se a Figura 24, uma vez que a dispersão dos dados é bastante grande. Enquanto que na Figura 23 indica a produção predita pelo modelo ajustado.

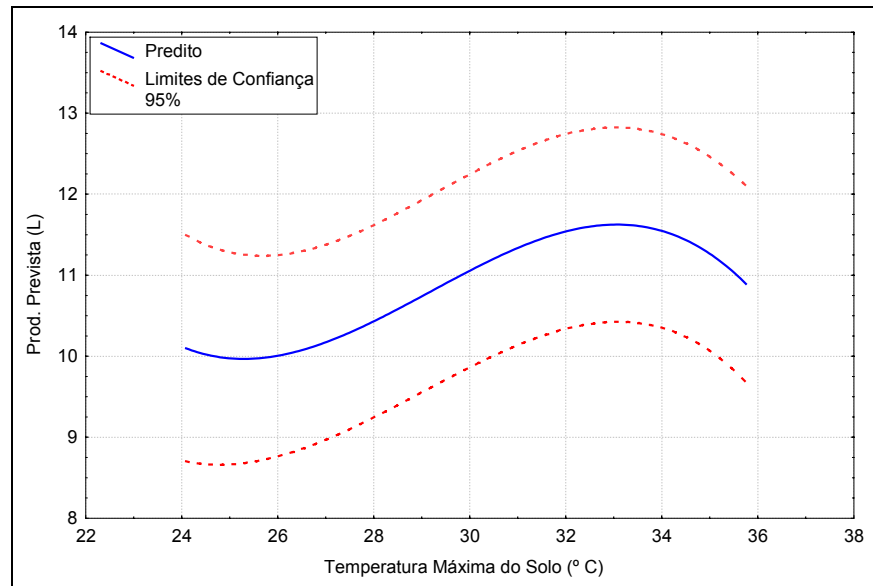


Figura 23. Produção prevista pelo modelo ajustado

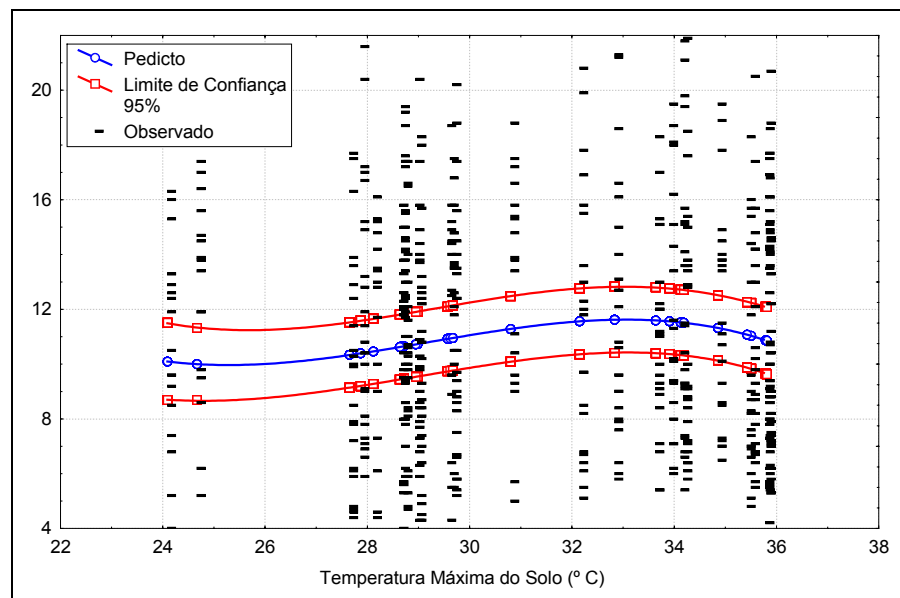


Figura 24. Valores preditos e observados de produção em função da temperatura máxima do solo.

Modelo de previsão por precipitação

Foi ajustado um modelo de regressão simples de efeitos aleatórios para Produção em função da Precipitação.

O modelo estimado é:

Equação 12

Produção de leite = $10,67 + 0,017$ (Precipitação)

indicando uma tendência positiva da produção. O resultado pode ser visualizado nas Figuras 25 e 26.

A Tabela 12 mostra os coeficientes advindos da análise de regressão simples para o nível de significância de 5%. Enquanto a Tabela 13 indica o efeito aleatório entre as variáveis.

Tabela 12. Modelo de regressão simples de efeitos aleatórios para produção em função da precipitação

<i>Prod</i>	<i>Corf.</i>	<i>Erro Pad.</i>	<i>z</i>	<i>P > z </i>	<i>[Intervalo de conf. 95%</i>	
<i>Precip.</i>	0,170682	0,0088945	1,919	0,055	- 0,0003646	0,0345011
<i>cons</i>	10,67345	0,7561083	14,116	0,000	9,1915	12,15539

Tabela 13. Teste para efeito aleatório de Breusch e Pagan, resultados estimados.

	<i>Var</i>	<i>sd = sqrt (Var)</i>
<i>Produção</i>	18,42819	4,292806
<i>Animal x Tempo</i>	3,682551	1,9189973
<i>Animal</i>	13,91313	3,7300304

Teste: $Var(u) = 0$

$$chi2(1) = 854,50$$

$$Prob > chi2 = 0,0000$$

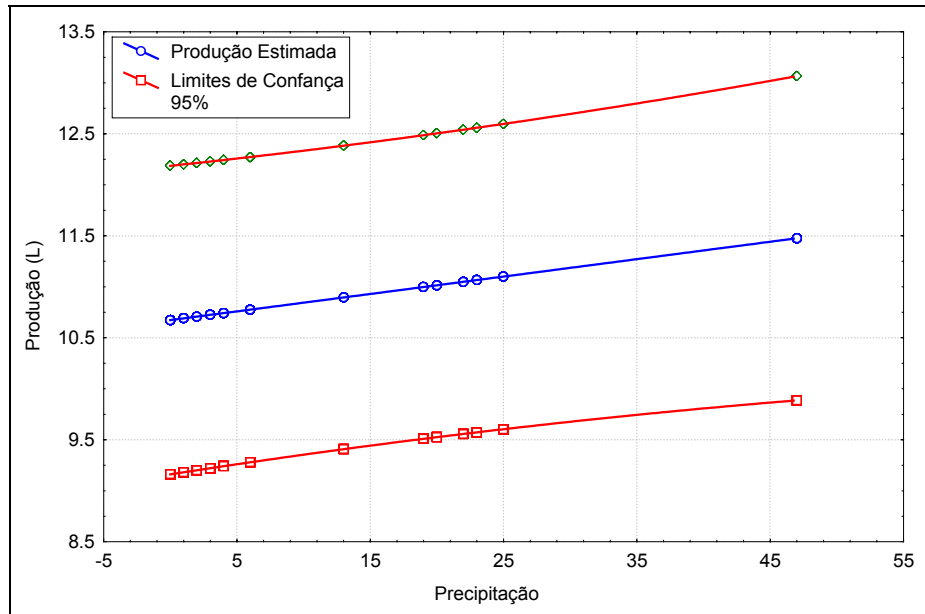


Figura 25. Gráfico da produção de leite em função da precipitação.

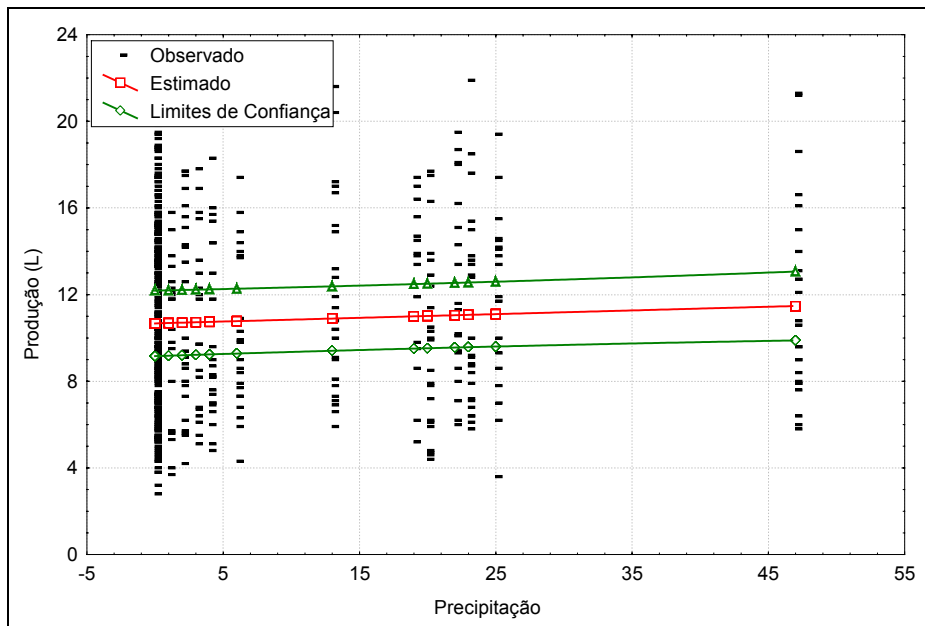


Figura 26. Gráfico de dispersão e curvas de tendências para a produção de leite em função da precipitação.

6. CONCLUSÕES

Das análises realizadas podemos concluir:

O tratamento A, utilizando o chuveiro associado a ventilação, não apresentou diferenças significativas estatisticamente, e mesmo em termos de efeitos (diferenças de médias) não trouxe grande ganho na produção. Há um ganho pequeno no mês de fevereiro (0,80 l) no grupo do tratamento A em relação ao do tratamento B (controle), sendo este também o mês de maior produção média para os dois tratamentos.

O cenário climático nos meses de janeiro e fevereiro é praticamente o mesmo, com dias predominantemente secos e de temperatura elevada, com pouca precipitação, e baixa umidade relativa do ar. Estes foram os meses com maior número de dados de animais observado. O mês de abril foi bastante diferente em suas características, em termos de temperatura principalmente, com dias um pouco mais úmidos.

Há evidência de acréscimo na produção com temperaturas entre 30° e 34° C como pode-se ver no modelo final ajustado. Este ganho é de aproximadamente 1 litro em relação às temperaturas menores que 30° C, e cerca de 0.6 litros em relação à média geral estimada (10,95 l).

O uso do chuveiro associado a ventilação do tratamento A apresentou efeito positivo nas temperaturas de pele dos animais. No entanto estas não apresentaram qualquer evidência de relação com a produção.

O modelo de previsão final mostrou-se plausível com as análises exploratórias e de fácil utilização. As utilizações de temperaturas que não a do solo, e fora da amplitude observada (entre 24° e 36° C) podem não ser adequadas.

A equação que descreve a produção é:

Equação 13

$\text{Produção de leite} = 10,67 + 0,017 (\text{Precipitação})$
--

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

100 anos de Jersey no Brasil, Revista Imagem Rural, ano 4,no. 35, p. 15-19, 1996

AGUIAR, I. S., BACCARI, F. JR., GOTTSHALK, A .F, TORNERO, M.T.T., WECHLER, F.S. Produção de leite de vacas holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade. Anais XXXIII Reunião Anual da SBZ, v. 1: 617-19, 1996.

AMES, D.R., RAY, D.E., Environmental manipulation to improve animal productivity. Journal of Animal Science, 57:209-220, 1983.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND REFRIGERATION AND AIR CONDITIONED ENGINEERS. Handbook of fundamentals. Environment, New York, 1985. P. 139-198.

BACCARI, F. JR., RAMOS, A.A., VILLARES, J.B. Temperaturas internas e externas de bovinos Chianina e zebuínos Nelore. Anais do 2o Congresso Internacional da Raça Chianina. São Paulo, p. 147-153, 1978.

BACCARI, F. JR., FRÉ, C.A., ASSIS, P.S., GARCIA, E.A. Valores fisiológicos da temperatura retal em vacas holandesas em clima tropical de altitude. Anais do 1o Encontro de Pesquisas Veterinárias, Londrina, p. 15, 1984.

BACCARI, F. JR., AGUIAR, I.S., DAL FAFA, C., BRASIL, L.H.A., GOTTSCHALK, A . F.

Comportamento adaptativo termorregulador de vacas holandesas sob radiação solar direta, mediante o aproveitamento de sombra e água. Actas VI Congresso de Zootecnia, Lisboa, v. 2: 331-336, 1997b.

BACCARI, F.JR. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. In : I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, Anais FEALQ Piracicaba. 1998.

BAÊTA, F.C., MEADOR, N. F. & SHANKLIN, M.D. Equivalent temperature index at temperatures above thermoneutral for lactating dairy cows. St. Joseph, MI: ASAE, 1987. 21 p. Paper n. 78-3532.

BARTH, C.L. State-of-the-art for Summer cooling or dairy cows. Livestock Environment II ASAE , St. Joseph, MI p 52-61, 1982

BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section Physiology of cattle in hot environment. Journal of Dairy Research. 32 : 245-292, 1965.

BIANCA, W. Thermoregulation. In: Hafez, E.S.E. Adaptation of domestic animals Philadelphia: Lea & Fabiger, p. 97-118, 1968.

BEEDE, D.K., SHEARER, J.K. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. Agri-Practice, 12: 5-13, 1991.

BERRY, I.L. & SHANKLIN, M.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, V. 7, n. 3, p. 329- 331, 1964.

BOWLER, P.J. The environmental sciences. W.W. Norton & Company . New York. 1993

BOX, J.E.P., HUNTER W.G. & HUNTER, J.P.S., Statistics for experimenters, John Wiley & Sons .Inc. Canada. 1978

BRODY, S., RAGSDALE, A .C., THOMPSON, H.J., WORSTELL, D.M. Environment physiology with special reference to domestic animals. XXV The effect of wind on milk production, feed and water consumption and body weight in dairy cattle. Mo. Agric. Exp. Station Research Bulletin, n. 545, : 1-20, 1954.

BRODY, S., RAGSDALE, A .C., YECK, R.G., WORSTELL, D.M. Milk production, feed and water consumption, and body weight of Jersey and Holstein cows in relation to several diurnal temperature rhythms. Mo. Agricultural Experimental Station Research Bulletin, n. 578: 26, 1955.

BUCKLIN, R.A.; BRAY, D.R. The American Experience in Dairy Management in Warm and Hot Climates Anais do I Simpósio Brasileiro de Ambiente na Produção de Leite, 1998. pp. 156-174.

BUFFINGTON, D.E., COLLAZO AROCHO, A., CANTON, G.H. PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. Transaction of the ASAE, St. Joseph, MI, V.24, n. 3, p. 711 - 714, 1981.

BUFFINGTON, D.E., COLLIER, R.J., CANTON, G.H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot humid climates. Trans. ASAE 26:1798-1802, 1983.

- CARDOSO, R.M. Com uma boa sombra, a vaca dá mais leite. In: Guia Rural Aril n. 6: 58-64, 1987.
- CARGILL, B.F. & STEWART, R.E. Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein caws. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, V. 9, n. 5, p. 702 - 707, 1966.
- CARTHY, J.D. O estudo do comportamento. EPU/EDUSP, São Paulo. 1969
- CHANDLER, P.T. Problems of heat stress in dairy cattle examined. Feedstuffs, 59: 15-16, 1987.
- CIPOLA-NETO, J., MARQUES, N., MENNA-BARRETO, L.S.. Introdução ao estudo da cronobiologia. São Paulo: Ícone Editora e Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- CLARK, J.A. Environmental Aspects of Housing for Animal Production. London: Butterworths, 1981. 511 p.
- CUNHA, M.A. Geografia geral e do Brasil. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves, 1982.
- DUKES, H.H. Fisiologia de los animales domesticos. Madrid: Aguilar, 1962.
- ENCARNAÇÃO, R. O., KOLLER, W.W. A importância de bosques nas pastagens. Suplemento Agrícola, O Estado de São Paulo, 7 janeiro 1998 , n. 2200, p. G3, 1998.
- ESMAY, M.L. Principles of Animal Environment. Textbook Edition. Westport: Avi Publishing Company, Inc., 1969, 325 p.

- FEHR, R.L., PRIDDY, K.T., MCNEILL, S.G., OVERHULTS, D.G. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. Trans. ASAE, St. Joseph, MI, V. 26, n. 12, p.542 - 545, 1983.
- FERGUSON, W. Adaptative behavior of cattle to tropical environments. Tropical Science 13: 113-122. 1971.
- FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F.; MAIANTI, M.G.; CAPPALÀ, 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.
- FUQUAY, J.W. Heat stress as it effects animal production. Journal of Natural Science. 52, 1981, p 164-174.
- FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. Livestock Environment V. 1997. 2: 1133-1137.
- HAFEZ, E.S.E. The behavior of domestic animals. Baikiere Trindal Ed. London 1975.
- HAHN, G.L., Summer 1980 weather impacts on dairy cow performance. 5th Biometeorology Conference of the American Meteorological Society. California 1981.
- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. Proceedings 2nd International Livestock Environment Symposium, Ames, 1982.
- HAHN, G. L and OSBORN, D.d. Feasibility summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. Transactions of the ASAE St. Joseph, MI, V 12 n 4 p 448-452, 1987.

- HAHN, G. L. Bioclimatologia e instalações zootécnicas, aspectos teóricos e aplicados, 2º Workshop Brasileiro de Bioclimatologia Animal, FUNEP, Jaboticabal, 1993.
- HALL, A. B.; YOUNG, B. A.; GOODWIN, P. J.; GAUGHAN, J. M.; DAVISON, T. Alleviation of excessive heat load in high producing dairy cow. *Livestock Environment*, no.5, v.2, p.928-935, 1997.
- HEAD, H.H. The strategic use of the physiological potential of the dairy cow. *Anais Simpósio “Leite nos Trópicos: novas estratégias de produção”*, 38-89, 1989.
- HUBER, J.T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. In: *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba, FEALQ: 33-48, 1990.
- IGONO, M.O., STEEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D.; JOHSON, H.D. Spray cooling effects on milk production, milk and rectal temperature of cows during a moderate temperature summer season. *J. Dairy Sci.* 1985. 68: 979-85.
- IGONO, M.O., BJTVEDT, G., SANFORD-CRANE, H.T. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holsteins cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology* 36: 77-87, 1992.
- JOHNSON, H.D., RAGSDALE, A.C., BERRY, I.L., SHANKLIN, M.D. Effect of various temperature - humidity combinations on milk production of holstein cattle. *Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin*. n. 791, 1963
- JOHNSON, H.D. Environmental temperature and lactation with special reference to cattle. *Int.J.Biometeorol.*, 9, 103-116, 1965.

JOHNSON, R.A., WICHERN, D.W. Applied Multivariate Statistics, Prentice Hall, 1998

JOHNSON, H.D. Role of physiology in cattle production in the tropics. New York: Praeger Scientific, 1982.

JONES, R. H. Longitudinal Data with Serial Correlation: A State-Space Approach, Chapman & Hall, 1ª Ed, 1993.

JÚNIOR, A. C. P. M. Jersey, a raça eficiente. Associação Paulista dos Criadores de Gado Jersey, 1997

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.

MACFARLENE, J.S., STEVENS, B.A. The effect of natural shade and spraying with water on the productivity of dairy cows in the tropics. Trp. Animal Health Production 4: 249-53, 1972.

MARSCHANG, F. Stress calórico x productividad animal en la crianza x en la exploración en escala industrial. Not. Medicina Veterinaria 3: 191-212, 1973.

MALLONÉE, P.G., BEEDE, D.K., COLLIER, R.J., WILCOX, C.J. Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. Journal of Dairy Science, 68: 1479-1487, 1985.

MAUST, L.E., MACDOWELL, R.E., HOOVEN, N.W. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. Journal of Dairy Science, 55: 1133-1139, 1972.

- MCDOWELL, R.E. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Zaragoza: Editorial Acribia, 1975.
- McDOWELL, R.E., HOOVEN, N.M., CAMOENS, J.K. Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. J. Dairy Sci. p 965-973 1976.
- MOBERG, G.P., A model for assessing the impact of behavioral stress on domestic animals. Journal of Animal Science, 65:1228-1235, 1987.
- NÄÄS, I.A. Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal. São Paulo: Ed. Ícone, 1989. 183 p.
- NÄÄS, I.A. Biometeorologia e construções rurais em ambiente tropical. In: II Congresso Brasileiro de Biometeorologia, Anais, Sociedade Biometeorologia, Goiana p.63-73 1998.
- NEVINS, R.G. Psychometrics and modern comfort. Proceedings of joint ASHRAE - ASME Meeting. 1961.
- OLIVEIRA, J.L. Hot Weather Livestock Housing Analysis. Michigan: Michigan State University, 1980. 125 p. tese (Doutorado em Engenharia Agrícola).
- RODRIGUEZ, L.A., MCKONNEN, G., WILCOX, C.J., MARTIN, F.G., KRIEMKE, W.A. Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation on milk composition and yield. Journal of Dairy Science 68: 973-8, 1985.
- 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.

- SCHNEIDER, P.L., BEEDE, D.K., WILCOX, C.J., COLLIER, R.J. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat stressed lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 67. 1984.
- SELYE, H. Stress without distress. New York, New American Library Inc., 1975, 193p.
- 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. Bioclimatologia e melhoramento do gado leiteiro. *Gado Holandês* Ano 55, n. 148: 5-12, 1988.
- SINGH, B., SADHU, D.P. Skin temperature responses of the haryana and Murrah bulls as related to four environmental variables. *Indian Journal of Dairy Science*, 23: 240-47, 1970.
- TAVOLGA, W.N. *Introduction à l'étude du comportement animal*. Library Larousse. Paris. 1973.
- THOMPSON, G.E. Review of the progress of dairy science. Climatic physiology of cattle. *Journal of Dairy Research* 40: 441-463, 1973.
- THORPE, W. H., *Breve história de la etologia*. Alianza Editorial, S.^a, Madrid. 1982.
- TITTO, E.A L. Clima: influência na produção de leite. In: *I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite*, Anais FEALQ Piracicaba. 1998.