

EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NA ÁREA DE DESCANSO EM INSTALAÇÕES DO TIPO *FREESTALL* E SUA INFLUÊNCIA NAS RESPOSTAS PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS DE VACAS EM LACTAÇÃO¹

SORAIA VANESSA MATARAZZO², IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA³, MAURÍCIO PERISSINOTTO³, DANIELLA JORGE DE MOURA⁴, SÉRGIO AUGUSTO DE ALBUQUERQUE FERNANDES⁵, IRINEU ARCARO JÚNIOR², JULIANA RODRIGUES POZZI ARCARO²

¹Projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo no curso de pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola. Recebido para publicação em 19/04/07. Aceito para publicação em 10/07/07.

²Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios em Bovinos de Leite, Instituto de Zootecnia, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Caixa postal 60, CEP 13460-000, Nova Odessa, SP, Brasil. E-mail: matarazzo@iz.sp.gov.br

³Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias 11, Caixa postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

⁴Departamento de Construções Rurais, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6011, CEP 13081-970, Campinas, SP, Brasil.

⁵Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Praça Primavera, 40, CEP 45700-000, Itapetinga, BA, Brasil.

RESUMO: O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de sistemas de climatização na área de descanso em instalação do tipo *freestall* e seus reflexos nas repostas produtivas e fisiológicas de vacas em lactação. O período experimental teve duração de 28 dias consecutivos do mês de novembro de 2003. Foram utilizadas 15 vacas em lactação, pluríparas, com produção média de 20kg de leite/dia. Os tratamentos adotados foram: ausência de ventilação (V0), ventilação (V) e ventilação + nebulização (VN) posicionados sobre a cama dos animais. A temperatura do bulbo seco (TBS) e a umidade relativa do ar (UR) foram mensuradas a cada 15 minutos ao longo das 24 horas no interior da instalação e no ambiente externo. A ordenha foi realizada à 1, às 9 e às 17 horas, e as produções diárias registradas. A alimentação era fornecida duas vezes ao dia (10 e 16 horas) e a quantidade de alimento oferecido e das sobras, foi registrada diariamente. As medidas fisiológicas, como frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura da pele (TP) de cinco animais em cada tratamento foram realizadas às 9, 11, 13, 15 e 17 horas. A UR mostrou-se mais elevada nos tratamentos V0 (61,8%) e VN (61,8%) quando comparada ao tratamento V (60,3%). O ITU mostrou-se mais elevado em V (75,0), quando comparado ao tratamento V0 (74,5) e VN (74,3). Para as variáveis fisiológicas, verificou-se que as vacas em lactação que receberam o tratamento V0 apresentaram menor temperatura retal às 11 horas (37,9°C), 13 horas (38,2°C) e 17 horas (38,2°C). Os valores encontrados para a frequência respiratória (58; 55 e 58 mov/min, respectivamente para V0, V e VN) e temperatura do pelame branco (35,4°C; 33,4°C e 35,2°C respectivamente para V0, V e VN) e pelame negro (31,9°C; 31,5°C e 31,8°C, respectivamente para V0, V e VN) estiveram dentro da faixa de termonormalidade em todos os tratamentos. Os animais mantidos nos tratamentos V0 (20,5kg MS/dia) e V (21,3kg MS/dia) apresentaram maior consumo de matéria seca que VN (19,3kg MS/dia), entretanto, este não refletiu em maior produção de leite.

Palavras-chave: estresse térmico, produção de leite, resfriamento evaporativo, respostas fisiológicas.

THERMAL CONDITIONED OF FREESTALL FACILITIES RESTING AREA AND ITS CONSEQUENCES ON PRODUCTIVE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN DAIRY COWS

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the efficiency of thermal conditioned in free-stall facilities and its consequences on productive and physiological responses in dairy cows. Experimental period was 28 consecutive days of November/2003. Fifteen dairy multiple cows with average milk production of 20kg/day were used. Treatments were: non-fan (NF); fan (F) and fan + misting (FM) directioned to animal bedding. Dry bulb temperature (DBT) and air relative humidity (RH) were measured every 15 minutes through a period of 24 hours inside and outside of facilities. Milking was realized at 1:00am; 9:00am and 5:00pm and date were collected. Animals were fed twice a day (10:00am and 3:00pm) and amounts of offered and rejected feed were daily registered. Physiological data such, as respiratory frequency (RF); rectal temperature (RT) and skin temperature (ST), were taken at 9:00am, 11:00am, 1:00pm, 3:00pm and 5:00pm. The RH was higher in V0 (61.8%) and VN (61.8%) treatments than in V (60.3%). The THI was higher in V (75.0) than in V0 (74.5) and VN (74.3) treatments. Related to physiological parameters, lactating cows of V0 treatment had lower rectal temperature at 11:00am (37.9°C); 01:00pm (38.2°C) and 05:00pm (38.2°C). Respiratory frequencies (58; 55 e 58 mov/min, respectively, to V0; V e VN), white surface temperature (35.4°C; 33.4°C and 35.2°C respectively, to V0; V and VN) and black surface temperature (31.9°C; 31.5°C and 31.8°C, respectively, to V0, V and VN) were within normal variation in all treatments. Higher feed intakes were observed in animals of V0 (20.5kg DM/day) and V (21.3kg DM/day) treatments, but it did not increase milk production.

Key words: evaporative cooling, heat stress, milk production, physiological parameters.

INTRODUÇÃO

Condicionar o ambiente e controlar as flutuações dos elementos climáticos, de forma a melhorar o desempenho produtivo do animal, depende do conhecimento de sua fisiologia, caracterização do ambiente físico e das necessidades comportamentais do bovino, bem como da capacidade destes indivíduos em responder às mudanças realizadas (COSTA e SILVA, 2003).

A adoção de recursos naturais pode não conseguir, em condições extremas, um bom desempenho térmico nas instalações, levando à necessidade de utilização de sistemas mecânicos. Esses sistemas têm como principal vantagem ser independentes das condições atmosféricas e proporcionar melhor distribuição de ar no galpão. Os ventiladores são utilizados para criar uma diferença de pressão entre o exterior e interior da instalação, incrementando a movimentação do ar (STOWELL, 2003).

Muitas vezes, somente a presença de ventiladores não é suficiente para alcançar as condições ideais mínimas de conforto, havendo a necessidade de recorrer ao uso de sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE). A função da nebulização é reduzir a temperatura interna da instalação. Seu limite de eficiência está diretamente

associado aos valores de umidade relativa dentro da instalação, bem como ao manejo do próprio *freestall* (NÄÄS e RODRIGUES, 1999).

Diversos trabalhos têm demonstrado que o resfriamento evaporativo por meio da aspersão ou nebulização melhora a sanidade e o desempenho dos bovinos de leite. O resfriamento evaporativo tem sido relatado por permitir a manutenção da ingestão de matéria seca e a produção de leite, entretanto, as vacas podem responder de maneira distinta em função do sistema empregado (STOWELL *et al.*, 2003).

Estudos realizados por CALEGARI *et al.* (2003) revelaram que a presença do resfriamento evaporativo na linha de alimentação melhorou a dissipação de calor das vacas em lactação, minimizando os efeitos do estresse térmico. O emprego da nebulização permitiu que os animais submetidos a esse tratamento produzissem 3kg de leite por dia a mais que os mantidos no grupo controle. Entretanto, os animais do tratamento com nebulização apresentaram maior tempo despendido em pé, na área de alimentação. Tal situação é indicativa de estresse térmico, uma vez que as vacas tenderam a ficar com maior área de superfície corporal exposta, a fim de facilitar as trocas de calor. Frente a esses resultados, os autores sugeriram então, a possibilidade de estender o SRAE nas demais partes da instalação, como,

por exemplo, a sala de ordenha ou área de descanso a fim de aliviar esses efeitos indesejáveis do estresse térmico e evitar aglomeração na área de alimentação.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de sistemas de climatização na área de descanso em instalação do tipo *freestall* e seus reflexos nas repostas produtivas e fisiológicas de vacas em lactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com rebanho comercial de gado Holandês, localizado no município de São Pedro, SP, a altitude de 580 m e coordenadas 22°33'02" de latitude Sul e 47° 38' 05" de longitude Oeste. O clima da região é do tipo Cwa da classificação Köppen, ou seja, quente e úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno.

A instalação apresentava as seguintes características construtivas: 80m de comprimento e 28m de largura, laterais abertas, orientação leste-oeste, corredor central de 3,0m, pé-direito central de 9m, telhado de duas águas com cobertura de telhas cerâmica e sistema de lanternim vazado. O piso era de concreto e apresentava ranhuras de 0,5cm espaçadas 7cm entre si. A linha de alimentação tinha a extensão de todo galpão. Os bebedouros eram de alvenaria, localizados estrategicamente nas laterais do galpão, com dimensões de 2,8m de comprimento, 0,8m de largura, 0,31m de profundidade e capacidade de 0,8m³ de água.

Foram utilizados dois galpões (A e B) para a condução do experimento. O *freestall* A foi dividido em duas seções com 120 baias cada, sendo que foi utilizada para o experimento apenas uma delas. Já o *freestall* B foi dividido em quatro seções com 60 baias, neste caso, duas seções foram destinadas ao experimento.

Para realização do experimento, foram utilizadas 15 vacas Holandesas, pluríparas, em lactação, com peso médio de 600kg e produção média de 20kg de leite por dia. Os animais permaneceram durante todo dia com livre acesso às camas e demais áreas do abrigo, mas sem acesso as pastagens. O manejo dos animais durante a fase experimental consistiu de dois horários de alimentação (10:00 e 16:00 horas) a qual foi fornecida na forma de dieta

completa e de maneira a atender as exigências nutricionais para a manutenção e produção de leite, de acordo com o NRC (2001). A oferta de alimento e as sobras foram registradas diariamente e amostradas a cada semana para posterior análise bromatológica no Laboratório de Bromatologia da ESALQ, USP e determinação do consumo de matéria seca dos animais. As vacas foram ordenhadas três vezes ao dia, de acordo com o lote que se encontravam, sendo que a ordenha se iniciava à 1:00, 9:00 e 17:00 horas.

O período experimental teve a duração de 28 dias consecutivos no mês de novembro de 2003, dos quais sete dias foram destinados à adaptação dos animais ao tratamento e manejo empregado, e 21 dias para registro dos dados referentes às variáveis ambientais, produtivas e fisiológicas das vacas em lactação.

Os tratamentos foram aplicados aleatoriamente na área de descanso dos animais (cama) da seguinte maneira: Tratamento 1: sem ventilação (V0); Tratamento 2: ventilação forçada (V); Tratamento 3: ventilação forçada adicionada de linha de nebulização (VN). O sistema de nebulização foi montado a altura de 3,7m acima da área de descanso dos animais e era constituída por tubo PVC, com espaçamento entre bicos de 1m. A vazão de água na linha de nebulização foi de 3L/hora e a intermitência de 12 minutos. Esse sistema era alimentado por uma bomba com motor trifásico cujo consumo de energia era equivalente a 0,74kW/hora. O SRAE e os ventiladores foram acionados por um termostato toda a vez que a temperatura no interior do *freestall* atingia 25°C.

O *freestall* apresentava também sistema de aspersão e ventilação montado a 2,5m acima da linha de alimentação, com espaçamento entre bicos de 1m. Esse sistema era acionado por uma bomba com motor trifásico cujo consumo de energia era equivalente a 1,48kW/h. A vazão de água na linha de aspersão foi de 30L/hora e a intermitência foi de 12 min. Os ventiladores usados apresentavam 0,9m de diâmetro, foram espaçados a cada 11m e equipados com motor de 1/4 CV, vazão de 300m³/hora, 495 RPM, e capacidade de produzir movimentação de ar de até 2,5m/s. Na área de alimentação esses ventiladores foram fixados a altura de 2,5m e na área de descanso a 2m.

As variáveis ambientais registradas foram a tem-

peratura do bulbo seco (TBS) e umidade relativa do ar (UR%). As leituras foram realizadas a cada 15 minutos e então estimada a média horária. A aquisição dos dados foi realizada por sensores acoplados a um sistema eletrônico (HOB0[®]H8). A estação meteorológica automática foi fixada a altura de 2,5m do piso, a fim de protegê-la dos animais. A partir dos valores encontrados para as variáveis meteorológicas, calculou-se o índice de temperatura e umidade ITU (THOM, 1959) e a entalpia. Para cálculo da entalpia a equação usada foi a descrita por VILLA NOVA (1999), citado por FURLAN (2001).

As variáveis fisiológicas mensuradas foram temperatura retal, temperatura da superfície do pelame e frequência respiratória. A mensuração dessas variáveis foi realizada durante sete dias do período experimental, sempre nos mesmos cinco animais submetidos a cada tratamento às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas. A temperatura retal foi tomada com termômetro clínico digital, inserido no reto. A frequência respiratória foi determinada mediante a contagem dos movimentos na região do flanco, durante 15 segundos, e a leitura da temperatura da superfície do pelame nas malhas branca e negra foi realizada com termômetro de infravermelho. Empregou-se o valor de emissividade ($e=0,9$) para as medidas no pelame negro e $e=0,5$ para o pelame branco conforme descrito em BAËTA e SOUZA (1985).

Para a análise estatística das variáveis ambientais adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com os dias sendo usados como repetições. O modelo de análise incluiu como causas de variação os tratamentos, os horários e a interação

entre os tratamentos e os horários. Para a análise estatística das variáveis fisiológicas adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com os animais sendo usados como repetições. O modelo incluiu como causas de variação, os tratamentos, os horários e a interação entre os tratamentos e os horários. Quando a interação foi significativa, ela foi desdobrada com o intuito de comparar os efeitos dos tratamentos em cada horário, utilizando o *Teste t de Student*, e também comparar os efeitos dos horários de avaliação em cada tratamento, utilizando a análise de regressão (contrastes ortogonais). Para a temperatura da superfície do pelame, a comparação entre a média dos tratamentos foi realizada individualmente para cada malha (branca ou negra) não havendo comparação das malhas entre si (branca versus negra).

Para ingestão de matéria seca (IMS) e produção de leite (PL) adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo as comparações das médias realizadas pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas com o procedimento para modelos mistos (proc mixed) do SAS (1998), admitindo-se um modelo com medidas repetidas no tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios das variáveis ambientais, durante o período experimental, no intervalo horário das 9:00 às 17:00 horas nos tratamentos estudados. A Figura 1 ilustra as equações de regressão ajustadas para as variáveis TBS, UR, ITU e H em função dos horários de avaliação.

Tabela 1. Valores médios e erros padrão das diferenças das médias das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico registrados no intervalo horário das 9:00 às 17:00 horas durante o período experimental

Variável meteorológica	Tratamento		
	V0	V	VN
Temperatura de bulbo seco, °C	26,6 ± 0,11a	26,8 ± 0,11a	26,6 ± 0,11a
Umidade relativa, %	61,8 ± 0,34a	60,3 ± 0,34b	61,8 ± 0,34a
Índice de temperatura e umidade	74,5 ± 0,14a	75,0 ± 0,14b	74,3 ± 0,14a
Entalpia, kJ kg de ar seco ⁻¹	77,7 ± 0,30a	77,4 ± 0,30a	77,7 ± 0,30a
Temperatura mínima, °C	16,0 ± 1,77	19,7 ± 1,77	18,5 ± 1,77
Temperatura máxima, °C	34,4 ± 0,30	29,4 ± 0,30	29,2 ± 0,30

^{a, b} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste t de Student ($P<0,05$).

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos para a TBS. Os valores médios encontrados foram 26,6; 26,8 e 26,6°C, respectivamente, para os tratamentos V0, V e VN. Os resultados observados entre os horários de avaliação mostraram efeito quadrático ($P<0,05$) para todos os tratamentos. O maior valor registrado para a TBS (27,2°C) foi verificado às 13,8 horas (Figura 1).

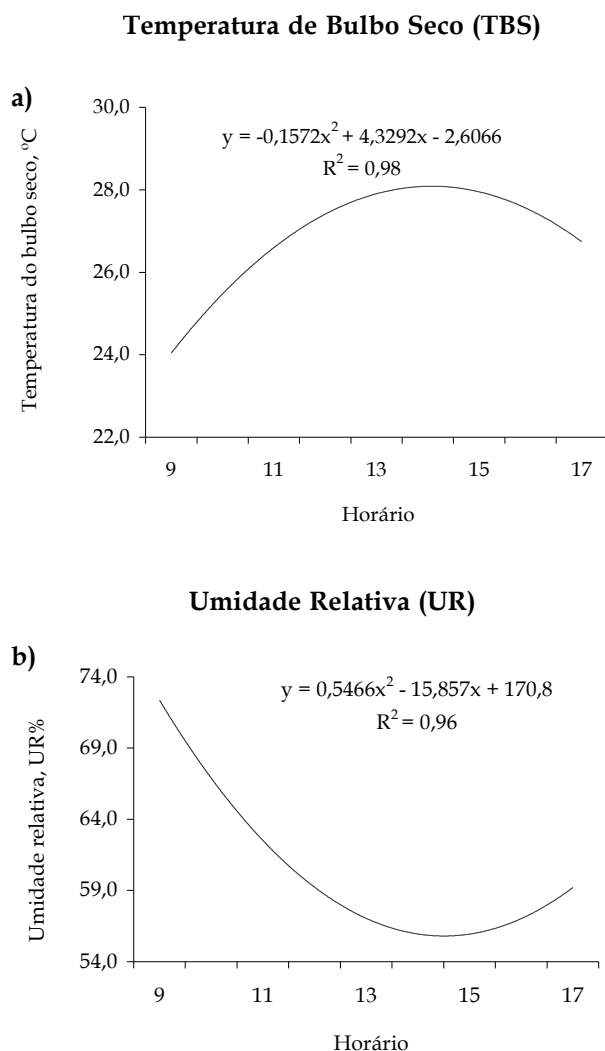


Figura 1. Equação de regressão ajustada para temperatura de bulbo seco (a) e umidade relativa do ar (b) em função dos horários de avaliação

Os valores relatados na literatura indicam grande variação na temperatura crítica superior para as vacas em lactação. BENJAMIM *et al.* (1985) apontaram valores entre 25 e 26°C, por outro lado, HUBER (1990) citou a faixa de 4 a 26°C como de conforto térmico

para as vacas em lactação. Nas condições do presente experimento, verificou-se que os valores da TBS estiveram dentro da faixa de termoneutralidade.

A adição da linha de nebulização associada ao ventilador não resultou em decréscimo na TBS, conforme era esperado. Tal fato pode estar associado à altura (3,7m) e mesmo à disposição da linha. Verificou-se que o sistema de nebulização estava muito próximo ao telhado, e ainda, a linha estava disposta numa posição tal que possibilitava a dissipação de toda névoa. LIN *et al.* (1998) relataram que quanto ao posicionamento dos nebulizadores, esses são mais efetivos quando montados próximos do animal e menos efetivos quando instalados a alturas elevadas na instalação.

Verificaram-se diferenças ($P<0,05$) entre os tratamentos na UR. Esta variável mostrou-se mais elevada nos tratamentos V0 e VN, quando comparada ao tratamento V(60,3%). Entretanto, os tratamentos V0 e VN não diferiram entre si apresentando valores correspondentes a 61,8% de UR. Quando comparados os resultados entre os horários de avaliação, verificou-se efeito quadrático ($P<0,05$) para todos os tratamentos. O menor valor registrado para a UR (55,8 %) foi verificado às 14,5 horas (Figura 1).

A melhor maneira de resfriar o ambiente destinado aos animais em lactação seria com o uso da água, desde que a umidade relativa estivesse até o limite aproximado de 70% (NÃAS e ARCARO JÚNIOR, 2001). Valores superiores a este foram verificados entre 9:00 e 10:00 horas. A partir daí, os teores de umidade encontrados permaneceram dentro desta faixa.

É importante salientar que, em condições de umidade elevada, o ar saturado irá inibir a evaporação da água pela pele e sistema respiratório, proporcionando um ambiente ainda mais estressante para o animal (SOTA, 1996).

O aumento da UR verificado no tratamento VN deve-se ao fato do resfriamento evaporativo consistir em um processo de saturação adiabática, em que não há perda nem ganho de calor. Neste caso, ocorre a mudança do ponto de estado psicrométrico do ar, verificando-se elevação da umidade relativa, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida (WIERSMA e STOTT, 1983). Por

outro lado, a UR também elevada, verificada no tratamento V0, deve-se ao grande volume de vapor d'água (respiração) e urina produzido pelas vacas em lactação. Essa umidade deve ser removida por meio de trocas de ar na instalação (BROUK *et al.*, 2003).

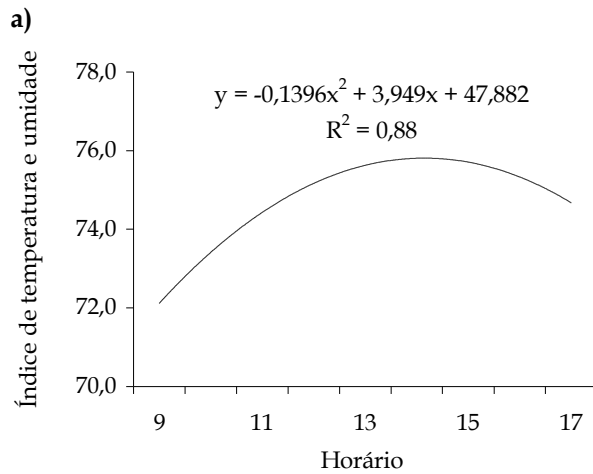
FRAZZI *et al.* (1998) verificaram aumento da umidade relativa em 10 a 15% com o uso do sistema de nebulização de alta pressão, indicando ainda que a velocidade do ar facilitou a evaporação, amentando a dissipação de calor.

Verificaram-se diferenças ($P < 0,05$) entre os tratamentos para o ITU. Este índice mostrou-se mais elevado no tratamento V (75,0), quando comparado aos tratamentos V0 (74,5) e VN (74,3), sendo que esses últimos não diferiram entre si. Quando comparados os resultados entre os horários de avaliação, verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para todos os tratamentos. O maior valor determinado para o ITU (75,8) foi verificado às 14,1 horas (Figura 2).

De acordo com HAHN (1985), um ITU igual ou menor a 70 expressa uma condição normal; um valor entre 71 e 78 é crítico; entre 79 e 83 a situação é de perigo e, acima de 83, uma situação de emergência está presente. O estresse severo pode levar os animais a óbito, quando o ITU for superior a 84 e não ocorrer recuperação durante o período noturno, ou seja, se o ITU não for inferior a 74 (HAHN e MADER, 1997). Nas condições do presente experimento, verificou-se que o ITU permaneceu na faixa considerada crítica. Sendo assim, os equipamentos de climatização não possibilitaram o condicionamento ambiental relativamente eficiente nas horas mais quentes do dia.

As vacas em lactação mantidas em sistema intensivo de produção podem vivenciar os efeitos do estresse térmico, quando submetidas a temperaturas elevadas durante o dia. Entretanto, se a temperatura noturna for inferior a 18°C, esses animais poderiam apresentar a curto prazo, certa tolerância ao calor (AKARI *et al.*, 1987). Tal situação pode ser comparada ao que ocorreu nas condições do presente experimento, em que o ITU se mostrou crítico para a produção de leite durante o dia. Entretanto, as temperaturas mínimas verificadas para todos os tratamentos estiveram dentro da faixa considerada adequada para que os animais fossem capazes de se recuperar do estresse, sem trazer maiores prejuízos para a produção de leite.

Índice de Temperatura e Umidade (ITU)



Entalpia (H)

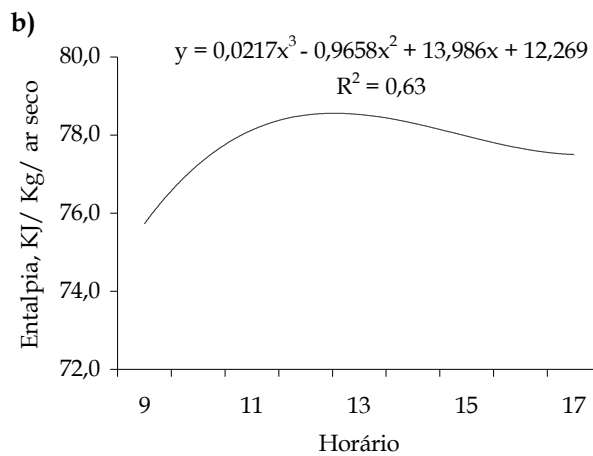


Figura 2. Equação de regressão ajustada para o índice de temperatura e umidade (a) e entalpia (b) em função dos horários de avaliação

A quantidade de calor presente no ar expressa pela variável H não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios encontrados foram 77,7; 77,4 e 77,7 kJ kg⁻¹ de ar seco, respectivamente, para os tratamentos V0, V e VN. Os resultados observados entre os horários de avaliação mostraram efeito cúbico ($P < 0,05$) para todos os tratamentos (Figura 2).

A zona de termoneutralidade proposta por JOHNSON e VANJONACK (1976) apontou que a entalpia crítica ocorreria quando a TBS fosse igual ou supe-

rior a 24°C e a UR igual a 76%. Sendo assim, nas condições do presente experimento, a entalpia verificada na faixa de normalidade descrita corresponderia a 63,0kJ kg⁻¹ ar seco. Tal valor foi calculado pelo programa computacional PsyCalc 98^a considerando a pressão barométrica do local em que o experimento foi realizado, igual a 708mm Hg.

De acordo com os resultados obtidos, os valores de H foram superiores aos sugeridos pela literatura. Verificou-se aumento acentuado da H pela manhã, seguido de decréscimo no período da tarde. Nestas condições, tanto V como VN não foram eficientes a ponto de promover mudanças na quantidade de calor no interior do *freestall*. Provavelmente, a eficiência desses sistemas esteja relacionada com a taxa de ventilação, a qual deveria ser aumentada no caso do tratamento V, de modo a facilitar a dissipação do calor gerado no microclima interno da

instalação. No tratamento VN a nebulização deveria ser acionada em intervalos maiores, sendo a linha disposta à altura inferior a 3,7m.

Os valores médios e erros padrão da média verificados para a temperatura retal (TR) durante o período experimental são apresentados na Tabela 2. A análise dos dados identificou a presença da interação (P<0,05) entre tratamento e hora. Sendo assim, os tratamentos apresentaram efeitos diferentes sobre a TR, em função dos horários em que foram avaliados. O desdobramento da interação mostrou-se significativo (P<0,05) apenas para os horários das 11:00, 13:00 e 17:00 horas. Em todos esses instantes, os animais que receberam o tratamento V0 apresentaram menores valores de TR em relação aos animais que receberam os tratamentos V e VN.

Tabela 2. Valores médios e erros padrão das diferenças das médias de temperatura retal (TR) das vacas em lactação mensuradas das 9:00 às 17:00 horas

TR	9:00h	11:00h	13:00h	15:00h	17:00h	Efeito
V0	38,1±0,08a	37,9±0,08b	38,2±0,08b	38,4±0,08a	38,2±0,08a	Cúbico ¹
V	38,2±0,08a	38,4±0,08a	38,5±0,08a	38,5±0,08a	38,5±0,08b	Quadrático ²
VN	38,3±0,08a	38,4±0,08a	38,5±0,08a	38,5±0,08a	38,6±0,08b	Linear ³

a, b, c Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste t de Student (P<0,05); 1Y = -0,0517x³ + 0,4686x² - 1,1798x + 38,882 (R²=0,99); 2Y = -0,0243x² + 0,2077x + 38,054 (R²=0,99); 3Y = 0,081x + 38,235 (R²=0,90).

Não era esperado que o tratamento V0 proporcionasse menor valor de TR. Entretanto, cabe ressaltar que, o horário das 11:00 horas, coincidia com o período de alimentação dos animais sendo então verificada a presença das vacas em lactação sob o sistema de aspersão. Na sequência, por volta das 12:00 horas, os animais mantidos neste lote eram então dirigidos para a ordenha. Deve-se considerar que na ordenha, as vacas eram mantidas em sala de espera equipada com sistema de aspersão (chuveirão) durante 30 minutos que antecediam tal prática. O período das 13:00 horas correspondeu ao retorno dos animais para o *freestall*, os quais se dirigiam novamente para o comedouro. Diante disso, possivelmente o resfriamento adicional a que esses animais foram expostos, seja na sala de espera ou na linha de alimentação, pode ter sido responsável pelos menores valores de TR verificados neste tratamento.

Os resultados observados entre os horários de avaliação revelaram efeito cúbico (P<0,05) para o tratamento V0, quadrático (P<0,05) para o tratamento V (P<0,05) e linear para o tratamento VN. Verificou-se no tratamento V que o maior valor encontrado para a TR (38,5°C) foi observado às 16,3 h. Para o tratamento VN, os resultados observados entre os horários de avaliação revelaram efeito linear (P<0,05). Os valores encontrados no presente experimento situaram-se nas faixas de normalidade 38 a 39,5°C consideradas para a variável em questão (DU PREEZ, 2000), indicando ausência de estresse térmico.

Os efeitos da ventilação ou ventilação associada à aspersão foram avaliados por FRAZZI *et al.* (1997), os quais verificaram que as vacas em lactação mantidas no tratamento ventilação associado a aspersão apresentaram menor valor de TR. Por outro

lado, ARCARO JR. *et al.* (2001) não observaram diferença na temperatura retal de vacas em lactação mantidas em instalação com aspersão (38,6°C) ou sem aspersão (38,5°C).

As alterações na temperatura corporal têm efeitos marcantes na função endógena que leva a distúrbios em fertilidade, crescimento e lactação. A manutenção da temperatura corporal na zona de termoneutralidade é pré-requisito para a produtividade máxima das vacas em lactação (MCDOWELL *et al.*, 1976).

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios verificados para a frequência respiratória (FR) durante o período experimental. A frequência respiratória não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados. Os resultados observados entre os horários de avaliação revelaram efeito cúbico ($P<0,05$) para o tratamento V0, quadrático ($P<0,05$) para o tratamento V ($P<0,05$) e linear para o tratamento VN. Verificou-se no tratamento V0 que a FR apresentou valores mais elevados a partir das 15 horas. O maior valor encontrado para a FR no tratamento V (60,0) foi observado às 13h. Para o tratamento VN, os resultados observados entre os horários de avaliação revelaram efeito linear ($P<0,05$).

Tabela 3. Valores médios e erros padrão das diferenças das médias da frequência respiratória (FR) das vacas em lactação mensuradas das 9:00 às 17:00 horas.

FR	9:00h	11:00h	13:00h	15:00h	17:00h	Efeito
V0	56,0±0,68a	56,0±0,68a	56,0±0,68a	64,0±0,68a	60,0±0,68a	Cúbico ¹
V	52,0±0,68a	56,0±0,68a	60,0±0,68a	56,0±0,68a	52,0±0,68a	Quadrático ²
VN	52,0±0,68a	56,0±0,68a	60,0±0,68a	60,0±0,68a	60,0±0,68a	Linear ³

^{a, b, c} - Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste t de Student ($P<0,05$); 1Y= $-x^3 + 9x^2 - 22x + 70,4$ ($R^2=0,78$); 2Y= $-1,7143x^2 + 10,286x + 43,2$ ($R^2=0,92$); 3Y= $2x + 51,6$ ($R^2=0,78$).

A frequência respiratória correspondente a 60 movimentos por minuto indica animais com ausência de estresse térmico ou este é mínimo (HAHN e MADER, 1997). Os resultados aqui verificados foram semelhantes aos encontrados por BERMAN *et al.* (1985) que relataram frequência respiratória entre 50 a 60 movimentos por minuto, quando a temperatura ambiente foi superior a 25°C. Desta forma, os animais analisados sob as condições do presente experimento não se encontravam em estresse térmico.

Embora a temperatura retal aumente somente quando o ITU se mostra superior a 80, a frequência respiratória apresenta-se alterada com ITU igual a 73. Tal fato poderia indicar que o aumento verificado na frequência respiratória preveniria a elevação da temperatura retal até que o ITU alcançasse o valor de 80 (LEMERLE e GOODARD, 1986). O primeiro sinal visível de resposta ao estresse térmico é a taquipinéia, embora este seja o terceiro mecanismo na seqüência de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem antes (CUNNINGHAM, 1999).

A frequência respiratória e a temperatura cor-

poral estão relacionadas com a termorregulação, enquanto que a ingestão de matéria seca é o indicativo primário do comportamento alimentar. A frequência respiratória serve como advertência inicial ao estresse, aumentando marcadamente acima de sua normalidade na tentativa de manter a homeostase por meio da dissipação do excesso do calor corporal. Estudos desenvolvidos apontaram que a FR aumentou 4,3 movimentos por minuto para cada elevação de 1°C acima da FR normal de 60 movimentos por minuto.

Os valores médios e erros padrão da média verificados para a temperatura da superfície do pelame branco (TPB) ou negro (TPN) durante o período experimental são apresentados na Tabela 4. Não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para a TPB ou TPN. Os resultados observados entre os horários de avaliação mostraram efeito polinomial de quarto grau ($P<0,05$) para todos os tratamentos.

A cor do pelame é uma das mais importantes características envolvidas nos processos de tolerância ao calor. A raça Holandesa é uma das mais di

Tabela 4. Valores médios e erros padrão das diferenças das médias da temperatura do pelame branco (TPB) e negro (TPN) das vacas em lactação mensuradas das 9:00 às 17:00 horas

TPB ¹	9:00h	11:00h	13:00h	15:00h	17:00h	Efeito
V0	37,9± 0,65a	36,1± 0,65a	35,5± 0,65a	34,1± 0,65a	33,3± 0,65a	Quarto Grau ¹
V	36,2± 0,65a	34,2± 0,65a	35,7± 0,65a	32,7± 0,65a	31,9± 0,65a	Quarto Grau ¹
VN	38,0± 0,65a	35,1± 0,65a	35,6± 0,65a	33,8± 0,65a	33,7± 0,65a	Quarto Grau ¹
TPN ²	9:00h	11:00h	13:00h	15:00h	17:00h	Efeito
V0	31,8± 0,42a	31,1± 0,42a	33,0± 0,42a	31,4± 0,42a	32,2± 0,42a	Quarto Grau ²
V	31,7± 0,42a	31,2± 0,42a	31,8± 0,42a	31,4± 0,42a	31,4± 0,42a	Quarto Grau ²
VN	31,8± 0,42a	31,3± 0,42a	31,8± 0,42a	32,2± 0,42a	32,1± 0,42a	Quarto Grau ²

^{1,2} Comparação entre tratamentos; ^{a,b,c} - Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem pelo Teste t de Student (P<0,05); 1Y = 0,0242x⁴ - 1,2715x³ + 24,618x² - 208,60x + 688,69 (R² = 0,84); 2Y = 0,0141x⁴ - 0,7444x³ + 14,438x² - 122,14x + 411,46 (R² = 0,47)

fundidas para a produção de leite no mundo, entretanto, esses animais com pelagem característica com malhas negras e brancas, podem ser susceptíveis à carga térmica excessiva, uma vez que a malha negra tende a acumular mais energia radiante que a branca (GOODWIN *et al.*, 1997).

No presente experimento a TPN foi inferior à TPB em todos os tratamentos. Provavelmente, tal fato pode estar associado à localização desses animais próximos à linha de aspersão (comedouro) durante os horários em que foram avaliados. Também, deve-se ressaltar que a disposição das malhas brancas e negras na superfície corporal do animal podem ter

contribuído de modo que uma ou outra região estivesse mais exposta ao sistema de climatização, permanecendo molhada por mais tempo.

Os resultados médios da ingestão de matéria seca (IMS) e produção de leite (PL) dos animais são exibidos na Tabela 5. Os valores médios obtidos para a IMS diária indicaram diferenças (P<0,05) entre os tratamentos. Os animais submetidos ao tratamento V0 (20,5kg MS/dia) e V (21,3kg MS/dia) apresentaram maior consumo em relação aos mantidos no tratamento VN (19,3kg MS/dia). Os tratamentos V0 e V não diferiram entre si.

Tabela 5. Valores médios diários e erros padrão das diferenças das médias da ingestão de matéria seca (kg MS/dia) e produção de leite (kg/dia) durante o período experimental

	V0	V	VN
Ingestão média de MS	20,5 ± 1,39a	21,3 ± 1,30a	19,3 ± 1,92b
Produção de leite	21,4 ± 1,25a	20,2 ± 1,25a	23,7 ± 1,25a

^{a,b} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Todas as alterações verificadas no organismo animal têm como objetivo reduzir a produção de calor, uma vez que o indivíduo esteja em condições termicamente inadequadas. Desta forma, tende a reduzir a ingestão de alimentos na tentativa de diminuir a taxa metabólica e, conseqüentemente, a produção de calor (COLLIER *et al.*, 1982). A ingestão de alimentos das vacas em lactação começa a diminuir quando a temperatura ambiente se situa entre

25 e 26°C, e a queda é mais acentuada quando esta é superior a 30°C. A 40°C a ingestão da dieta declina em 40% (NRC, 2001).

Os valores médios da temperatura ambiente verificados nas condições do presente experimento foram de 26,6°C. Entretanto, a análise dos resultados encontrados para as variáveis fisiológicas temperatura retal e frequência respiratória não apresen-

taram indicativos de estresse térmico em qualquer um dos tratamentos aplicados. Sendo assim, as diferenças relatadas na IMS provavelmente foram influenciadas por outros fatores não controlados, e não necessariamente devido às variáveis climáticas. Ainda mais, era esperado que o tratamento VN refletisse em maior IMS, quando comparado com o tratamento V0.

As vacas em lactação submetidas à ventilação associada à aspersão em local sombreado conseguiram reduzir o efeito do estresse calórico na produção diária e apresentaram aumento de 7,8% no consumo de alimento, 12% na produção de leite, o qual correspondeu a 2,5kg/dia, diminuição de 0,2°C a 0,5°C da temperatura retal e redução de 29% na frequência respiratória (CHASTAIN e TURNER, 1994).

Quando avaliados os resultados médios obtidos para a produção de leite total, não foram observadas diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios encontrados foram de 21,4; 20,2 e 23,7kg/dia, respectivamente, para os tratamentos V0, V e VN.

FUQUAY (1997) não observou diferenças significativas na produção de leite, em vacas submetidas a tratamentos com e sem climatização. Entretanto, os autores relataram que as vacas do grupo controle mostraram menor persistência em lactação. Tal informação mostra-se relevante no tocante à investigação do condicionamento de ambientes para vacas em lactação, uma vez que persistência mais curta reflete de forma negativa na produção de leite por vaca a cada ano.

INGRAHAM *et al.* (1979) encontrou redução na produção de leite de 0,32 kg por unidade de aumento no ITU. WEST (2003) encontraram declínio de 0,88 kg por unidade de aumento no ITU acima de 72. Nas condições do experimento, o maior valor estimado para o ITU foi 75,8 unidades, sendo este ainda inexpressivo para proporcionar decréscimos na PL. Tal fato corrobora os estudos de MARTELLO (2002); MATARAZZO *et al.* (2003) e PERISSINOTTO (2003), sugerindo avaliações adicionais acerca dos limites críticos desses índices para as vacas em lactação mantidas em regiões de climas tropicais.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados verificados nas condi-

ções do presente experimento, pode-se concluir que:

- a. A climatização da área de descanso em instalações do tipo *freestall* não melhorou as propriedades psicrométricas do ar;
- b. As variáveis fisiológicas frequência respiratória e temperatura do pelame não foram alteradas com a aplicação dos tratamentos;
- c. Os animais mantidos nos tratamentos com ausência e presença de ventilação apresentaram maior consumo de matéria seca, entretanto, estes não se refletiram em maior produção de leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKARI, C. T.; NAKAMURA, R. M.; KAM, L. W. G. Diurnal temperature sensitivity of dairy cattle in a naturally cycling environment. **Journal of Thermal Biology**, v.12, n.1, p.23-26, 1987.

ARCARO JUNIOR, I. *et al.* Produção e composição do leite de vacas holandesas em sala de espera climatizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 3., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: SBBIO, 2001. (Compact disc)

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais** - conforto animal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246 p.

BENJAMIN, M. M. **Fluid and electrolytes. Outline of veterinary clinical pathology**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 12 p.

BERMAN, A. *et al.* Upper critical temperature and forced ventilation effects of high yielding dairy cows in a tropical climate. **Journal of Dairy Science**, v.67, p. 488-495, 1985.

BROUK, M. J.; SMITH, J. F.; HARNER III, J. P. Effect sprinkling frequency and air flow on respiration rate, body surface temperature and body temperature of heat stressed dairy cattle. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5., 2003, Texas **Proceedings...** Texas: ASAE, 2003. p. 263-268.

CALEGARI, F.; CALAMARI, L.; FARZZI, E. Effects of ventilation and misting on behavior of dairy cattle in the hot season in south Italy. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5., 2003, Texas. **Proceedings...** Texas: ASAE, 2003. p.303-311.

- CHASTAIN, J. P.; TURNER, L. W. Practical results of a model of direct evaporative cooling of dairy cows. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 3., 1994, Orlando. **Proceedings...** Orlando: ASAE, 1994. p. 337-352.
- COLLIER, R. J. et al. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cow. **Journal of Animal Science**, v.54, p.309-319, 1982.
- COSTA E SILVA, E. V. Ambiente e manejo reprodutivo: problemas e soluções. In: ZOOTEC, 2003, Uberaba. **Anais..** Uberaba: FAZU, 2003. p.75-91.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 528 p.
- DU PREEZ, J.H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal Veterinary Research**, v. 67, p.263-271, 2000.
- FRAZZI, E. et al. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 4., 1998, St. Louis. **Proceedings...** St. Louis: ASAE, 1998. p.387-394.
- FRAZZI, E. et al. The aeration, with or without misting: Effects on heat stress in dairy cows. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, Minnesota. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. p.907-914.
- FUQUAY, J. W. Heat stress and it affects animal production. **Livestock Environment**, v.2, p.1133-1137, 1997.
- FURLAN, R.A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. 2001. 146 f.. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001
- .GOODWING, P. J. et al. Coat color and alleviation of heat load in Holstein-Friesian cows. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, Minnesota. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. p.923-927.
- HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environment. In: YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. v.2, 1985. p.151-174.
- HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, Minnesota. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. p.125-129
- HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p.33-48.
- INGRAHAM, R. H.; STANLEY, R. W.; WAGNER, W.C. Seasonal effects of tropical climates on shaded and nonshaded cows as a measured by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone, and milk production. **American Journal of Veterinary Research**, v.40, p.1792-1792, 1979.
- JOHNSON, H. D.; VANJONACK, W. J. Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.1603-1617, 1976.
- LEMERLE, C.; GODDARD, M.E. Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. **Tropical Animal Health Production**, v. 18, p.232-242, 1986
- LIN, J. C. et al. Comparison of various fan, sprinkler, and mist systems in reducing heat stress in dairy cows. **Applied Engineering in Agriculture**, v.14, n.2, p.177-182, 1998.
- MARTELLO, L. S. **Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações**. 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.
- MATARAZZO, S. V. et al. Water intake and behavior of dairy cows in response to environmental conditions. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5., 2003, Fort Worth. **Proceedings...** Fort Worth: ASAE, 2003. (Compact disc)
- McDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. W.; CAMOENS, Effects of climate on performance of Holstein in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.965-973, 1976.
- NÄÄS, I. A.; RODRIGUES, E. H. V. Qualidade do ambiente para a produção de suínos na gestação e maternidade. In: AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.112-130.
- NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influencia de ventila-

ção e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n.1, p.139-142, 2001.

NUTRITION RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of dairy cow**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 349 p.

PERISSINOTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo freestall para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SAS INSTITUTE. **User'guide: statistics. SAS (Release 6.03)**. Cary: 1998. 620 p.

SOTA, R. L. Fisiologia ambiental: mecanismos de

respuestas del animal al estress calórico. In: JORNADA DE MANEJO DEL ESTRESS CALÓRICO, 1., 1996, La Plata. **Anais...** La Plata: EDULP, 1996. p.1-43.

STOWELL, R. R.; GOOCH, C. A.; BICKERT, W.G. Design parameters for hot-weather ventilation housing: a critical review. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5., 2003, Fort Worth. **Proceedings...** Fort Worth: ASAE, 2003. (Compact disc).

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, p.57-59, 1959.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2131-2144, 2003.

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