



**RESPOSTAS A DOIS SISTEMAS DE
RESFRIAMENTO DE VACAS HOLANDESAS
CONFINADAS NO VERÃO**

GRACILIANO PAIVA OLIVEIRA

2004

050205
GRACILIANO PAIVA OLIVEIRA

**RESPOSTAS A DOIS SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DE
VACAS HOLANDESAS CONFINADAS NO VERÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Paulo Cesar Hardoim

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2004

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Graciliano Paiva

Respostas a dois sistemas de resfriamento de vacas holandesas
confinadas no verão / Graciliano Paiva Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2004.
49 p. : il.

Orientador: Paulo Cesar Hardoim.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Ambiência. 2. Leite. 3. Aspersão. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.23

-636.20831

GRACILIANO PAIVA OLIVEIRA

**RESPOSTAS A DOIS SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DE VACAS
HOLANDESAS CONFINADAS NO VERÃO**

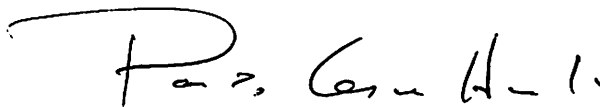
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 14 de outubro de 2004

Prof. Dra. Cecília de Fátima Souza UFV

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior UFLA

Prof. Dr. Marcos Neves Pereira UFLA



Prof. Dr. Paulo Cesar Hardoim

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS-BRASIL

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade.

À Escola Agrotécnica Federal de Codó (EAFCodó-MA), pela minha liberação para capacitação.

Ao Professor Dr. Paulo Cesar Hardoim, pela orientação, paciência, disponibilidade e incentivo demonstrados durante o curso.

Aos componentes da banca examinadora, Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Júnior, Prof. Dra. Cecília de Fátima Souza e Prof. Dr Marcos Neves Pereira, pela colaboração.

À CAPES-PICDTec, pela concessão da bolsa, permitindo minha participação no curso.

Ao Prof Dr. Giovanni Francisco Rabelo, pelo auxílio no desenvolvimento e confecção da automação dos sistemas de resfriamento.

À Fazenda São Francisco, por ceder suas instalações e pessoal para realização do experimento.

Ao meu colega Ariston Pinto Santos, pelo apoio nos momentos difíceis.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao servidor Geraldo Cleber Martins, pela colaboração na disponibilização dos equipamentos para medição e coleta dos dados climáticos.

Aos professores do DEG-UFLA da área de concentração Construções Rurais e Ambiente, em especial Vitor Hugo Teixeira, Sebastião Pereira Lopes e Francisco Carlos Gomes.

Aos demais funcionários do DEG-FLA, pela colaboração prestada.

A minha avó, Raimunda de Paiva e meus pais, Ana Maria e Luis Filho,
pelo incentivo e esforços;

OFEREÇO

Ao meu irmão Luis Humberto (in memoriam);
A todos que torceram e colaboraram com esse trabalho;

DEDICO

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Estresse calórico.....	3
2.2 Zona de conforto térmico.....	4
2.3 Reações de vacas leiteiras sob estresse calórico.....	5
2.3.1 No consumo de alimentos e na produção de leite.....	5
2.3.2 Na ingestão de água.....	7
2.3.3 No comportamento e no conforto do animal.....	9
2.3.4 Aspectos fisiológicos.....	10
2.3.4.1 Temperatura retal.....	10
2.3.4.2 Frequência respiratória.....	11
2.4 Formas de transferência de calor entre animal e ambiente	11
2.4.1 Calor sensível.....	12
2.4.2 Calor latente.....	13
2.5 Alternativas para amenizar os efeitos do estresse térmico.....	15
2.6 Índices de conforto térmico.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Local do experimento.....	19
3.2 Instalações.....	19
3.3 Animais	22
3.4 Sistemas de climatização.....	22
3.4.1 Sistema de automação.....	25
3.5 Coleta de dados.....	27
3.5.1 Dados climáticos.....	27

3.5.2 Parâmetros dos animais.....	29
3.5.3 Análise estatística.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Dados do ambiente térmico.....	31
4.2 Respostas fisiológicas (FR e TR).....	34
4.2.1 Nos diferentes horários.....	35
4.2.2 Nos diferentes ITGUs	38
4.3 Respostas da produção de leite.....	40
5 CONCLUSÕES.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

RESUMO

OLIVEIRA, Graciliano Paiva. **Respostas a dois sistemas de resfriamento de vacas holandesas confinadas no verão.** Lavras: UFLA, 2004. 49p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiência)*

O presente experimento foi realizado no município de Ijací, Minas Gerais, nos meses de fevereiro e março de 2004, com o objetivo avaliar os efeitos de dois sistemas de resfriamento: ventilação (TV) e ventilação conjugada a aspersão (TVA), nas respostas fisiológicas e produtivas de vacas confinadas em sistema *tie stall* nos meses de fevereiro e março. Foram utilizadas 18 vacas da raça Holandesa, em diferentes estágios de lactação e níveis de produção, distribuídas de acordo com suas características. O delineamento experimental utilizado foi o de quadrado latino 3x3, replicado cocomitantemente em 6 quadrados. Foram medidas a frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR) durante 24 horas, com intervalo de 6 horas e início de coleta às 08 horas da manhã, e a variável produção de leite (PL) (manhã, tarde e total). No ambiente térmico foram medidas as variáveis temperatura (Tar) e umidade relativa do ar (Ur) e temperatura do globo negro. As vacas sob TVA demonstraram ter tido melhor conforto, uma vez que apresentaram redução da FR de 8,6 % e 15,8% em relação ao TV e TC respectivamente. Também foi observada redução de 0,32°C na TR dos animais sob TVA em comparação aos outros tratamentos. O TV demonstrou ser um sistema de arrefecimento térmico eficiente, uma vez que os valores de FR apresentados foram inferiores em 7,8% com relação ao TC. Contudo, os valores de TR não apresentaram diferença significativa entre o TV e tratamento controle (TC). Para a Produção de Leite (PL) não houve diferença significativa entre os valores encontrados nos diferentes tratamentos. Concluiu-se que o TVA foi mais eficiente em melhorar as condições de conforto térmico para os animais em comparação aos demais tratamentos, sendo que o TV foi eficiente somente na redução da FR em comparação ao TC.

*Orientador - Paulo Cesar Hardoim. Comitê Orientador: Tadayuki Yanagi Junior, Marcos Neves Pereira

ABSTRACT

OLIVEIRA, Graciliano Paiva. Responses to two systems of cooling of Holstein cows confined in the summertime. Lavras: UFLA, 2004. 49p. Dissertation (Mater in Agricultural Engineering in the major of Rural Constructions and Ambience)*

The present experiment was undertaken in the town of Ijací, Minas Gerais, in the months of February to March of 2004, with the purpose of evaluating the effects of two cooling systems: ventilation (TV) and ventilation conjugated with sprinkling (TVA), on the physiological and yield responses of cows confined in *tie stall* system in the months of February and March. 18 cows of Holstein breed at different lactation stages and production levels allocated according to their characteristics, were utilized. The experimental design utilized was the one of 3x 3 Latin square, replicated concomitantly to six squares. Respiratory frequency (FR) and rectal temperature (TR) for 24 hours were measured, with a 6-hour interval at the onset of the collection at 0.8 hours in the morning, the variant milk yield (PL) (morning, afternoon and total). Were measured. In the thermal environment were measured the variants temperature (Tar) and air relative humidity (Ur) and black globe temperature. The cows under TVA showed to have had better comfort, since they presented reduction of FR of 8.6 % and 15.8% relative to the TV and TC, respectively. A reduction of 0.32°C was noticed in the animals' TR under TVA as compared with the other treatments. The TV demonstrated to be an effective system of thermal cooling, since the presented values of FR were inferior by 7.8% in relation to the TC. However, the values of TR presented no significant difference between the TV and control treatment (TC). For milk yield (PL), there was no significant difference among the values found in the different treatments. It follows that the TVA was more efficient in improving the thermal comfort conditions for the animals as compared with the other treatments, the TV being efficient only in the reduction of the FR as compared with the TC.

*Adviser - Paulo Cesar Hardoim. Guidance Committee: Tadayuki Yanagi Junior, Marcos Neves Pereira

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é uma das mais importantes do complexo agroindustrial brasileiro. Movimenta anualmente cerca de US\$ 10 bilhões, empregando cerca de 3 milhões de pessoas. Mais de 1 milhão são produtores, produzindo aproximadamente 20 bilhões de litros de leite por ano, com grande potencial para abastecer o mercado interno e externo. Entre 1990 e 2000, a produção nacional de leite cresceu 37% (www.cnp.gl.embrapa.br).

As mudanças estruturais pelas quais tem passado o sistema agroindustrial do leite no Brasil, como a liberação dos preços de matéria-prima, entrada de produtos importados, ampliação da coleta a granel de leite refrigerado e forte presença do mercado informal, etc., acentuam a competitividade e tem como uma das conseqüências a redução no número de produtores médios. Estudos realizados pelo Programa de Estudos dos Negócios da Agroindústria (PENSA-USP) apontam para uma redução no número de produtores, principalmente daqueles que operam com custos elevados, com produção em baixa escala e mão-de-obra assalariada (Jank et al., 1999), indicando uma necessidade de otimização do sistema produtivo na atividade leiteira nacional. Este processo requer, dentre outras coisas, pela utilização de animais de genética reconhecida em relação à tendência a altas produções, manejo alimentar e instalações que favoreçam a expressão do potencial genético. O ambiente térmico ao qual os animais estão sendo submetidos pode ser fator limitante ao desempenho produtivo do animal, uma vez que, segundo Titto et al. (1998), animais especializados em produção de leite possuem metabolismo elevado, ocasionando maior produção de calor endógeno.

Nãas (2000) afirma que a maior restrição de produção zootécnica em países de clima tropical se encontra na necessidade de se ter instalações

adaptadas, com características de climatização mínima interna, a fim de permitir ao animal desenvolver todo seu potencial genético. Bucklin et al. (1991) afirmam que, quando expostas a temperaturas acima de 24°C, vacas em lactação apresentam diminuição na produção. Muller (1982) cita que a umidade relativa em ambientes pode ser limitante, quando a temperatura ultrapassa o valor de 18,3°C e mais pronunciadamente quando ultrapassa o valor de 26,7°C, prejudicando o balanço calórico e, como conseqüência, reduzindo o consumo de alimentos e a produção de leite.

Os decréscimos observados na produção de leite em vacas submetidas ao estresse pelo calor devem-se às dificuldades no balanço de energia e nas modificações endócrinas, dentre outros (Johnson, 1985). Deve-se destacar que algumas alterações observadas no organismo animal são executadas com o objetivo de reduzir a produção de calor pelo metabolismo e incrementar as perdas de calor para o meio ambiente (Collier & Beede, 1986). Nesse sentido, as vacas leiteiras tendem a reduzir significativamente a produção leiteira, com o aumento da temperatura ambiente, já que as atividades ligadas à produção de leite geram grandes quantidades de calor (Wolfy & Monty, 1974 e Berbigier, 1988).

Este trabalho avaliou a eficiência de dois sistemas de resfriamento quanto à redução dos efeitos do ambiente térmico sobre o comportamento e o desempenho produtivo de vacas da raça Holandesa em lactação, alojadas em instalações do tipo *tie stall* em condições de verão na região do Sul de Minas Gerais. Para tanto foram utilizados um sistema de resfriamento com ventilação forçada e outro sistema com ventilação forçada conjugada ao molhamento parcial por aspersão sobre os animais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estresse calórico

De acordo com o moderno conceito de estresse, um ambiente térmico adverso provoca distúrbio fisiológico, afeta o bem-estar do animal e pode afetar a saúde, refletindo na produtividade e no desempenho. Vários são os motivos de estresse, tais como, ambiente quente e úmido, radiação solar excessiva, ventilação deficiente, alta densidade animal ou incômodo causado por insetos (Du Preez et al., 1990). Pirers & Campos (1999) definem um agente estressor como um fator individual, natural ou artificial, endógeno ou exógeno, que contribui direta ou indiretamente para perturbar a homeostase do indivíduo.

Vacas leiteiras e, principalmente, as mais produtivas, devido ao seu alto metabolismo, são notórias por sua sensibilidade ao calor e mesmo leves alterações na temperatura corporal podem ser indicativas de estresse calórico e estão relacionadas com as principais mudanças do metabolismo (Du Preez et al., 1990). Quando expostas a um ambiente térmico adverso, em que a produção excede a eliminação de calor, fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente a digestão de alimentos e o metabolismo para produção de leite. Nesse caso, a temperatura corporal, a frequência respiratória e a taxa de sudação aumentam. Estas funções indicam tentativas do animal de minimizar o desequilíbrio térmico para manter a homeostase, indicando também que o animal está sob a ação de um processo denominado de estresse calórico (Yousef, 1985; De La Sota et al., 1996).

Em condição de estresse calórico os animais são forçados a reajustamentos (reação compensatória), os quais dependem da magnitude e natureza do estresse, do genótipo do animal, bem como de complicações

secundárias, levando a distúrbios indesejáveis, tais como aumento das taxas de aborto, da susceptibilidade a doenças etc, causando prejuízos à reprodução, à produção, à saúde e ao comportamento do animal (Yousef, 1985; Wolfenson et al., 1988).

2.2 Zona de conforto térmico

Baccari Junior et al. (1997) definem a zona de conforto térmico como sendo uma faixa de temperatura ambiente efetiva dentro da qual o animal mantém uma variação normal de temperatura corporal e de frequência respiratória, bom apetite e ótima produção. Nääs (1989) afirma que as zonas de conforto térmico devem ser encaradas como indicações e analisadas de acordo com as características das instalações e do ambiente.

Os limites de zona de termoneutralidade para bovinos apresentados por alguns autores não são coincidentes. Nääs (1989) recomenda temperaturas entre 4°C a 24°C para vacas em lactação. Já Huber (1990), considera a temperatura entre 4°C a 26°C, enquanto Mellado (1995) afirma que, para vacas leiteiras, as temperaturas de conforto estão entre -5°C e 24°C. Baêta & Souza (1997) citam zona de conforto térmico, para raças bovinas de origem européia, de -1°C a 16°C. Para Yousef (1985), a zona de conforto para a produção ótima e qualidade superior do leite encontra-se entre 13°C e 18°C.

Outros fatores do ambiente térmico, tais como umidade relativa do ar, radiação solar e a velocidade do vento podem alterar a zona de conforto térmico, podendo elevar ou baixar as temperaturas críticas (Johnson, 1987; Armstrong, 1994).

A zona de conforto térmico dentro da termoneutralidade ocorre quando não há necessidade do uso dos mecanismos homeotérmicos do próprio animal para a transferência do calor produzido ao ambiente (Ashrae, 1985).

2.3 Reações de vacas leiteiras sob estresse calórico

2.3.1 Consumo de alimentos e produção de leite.

Evidências do efeito das condições ambientais sobre o comportamento alimentar têm sido encontradas em estudos em que animais submetidos a estresse térmico reduziram o número de refeições diárias, a duração das refeições e a taxa de consumo de matéria seca por refeição (Grant & Albright, 1995). Conseqüentemente, ocorreram redução no consumo diário de matéria seca, queda na produção de leite e na eficiência de utilização do alimento consumido (Empel et al., 1993; Grant & Albright, 1995).

Segundo Pires et al. (2001), o impacto do calor no desempenho dos bovinos de leite é, em parte, resultado das respostas termorregulatórias que causam uma redução no consumo de alimentos e na absorção de nutrientes, e um redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos para os tecidos periféricos. Como conseqüência imediata, observa-se uma redução do aporte sanguíneo da glândula mamária (12%) diminuindo, assim, a destinação de nutrientes para a síntese do leite.

Existe uma relação direta entre o ambiente térmico quente e a temperatura animal. Com influência do aumento da temperatura corporal reduz-se o consumo de matéria seca, aliado a um aumento significativo das necessidades energéticas para a ação dos mecanismos de perda de calor, com conseqüência na redução da energia líquida destinada à produção de leite. Para evitar prejuízo na produção, a necessidade energética de manutenção torna-se maior à medida que a temperatura ambiente aumenta. Por exemplo, com temperatura de 42°C por seis horas, as necessidades de manutenção são 30% superiores àquelas em ambientes termoneutros (Head, 1996). Ao diminuir o consumo, altera-se a disponibilidade de nutrientes (energia, proteínas, minerais,

etc.) indispensáveis aos processos de síntese do leite (Valtorta & Gallardo, 1996).

As vacas mais produtivas geram mais calor e são pouco eficientes para dissipá-lo. Maust et al. (1972) e Jacobsen (1996) constataram que, quando isso acontece, os animais diminuem o consumo de matéria seca e, como consequência, a produção de leite em 25% a 30%. Segundo West (1994), para cada 0,56°C de aumento na temperatura retal, há uma redução de 1,4 a 1,8 kg/dia no consumo de alimentos. Outras alterações fisiológicas são responsáveis pela redução do consumo de alimento que incluem o aumento da taxa respiratória, diminuição da motilidade gastrointestinal e redução na taxa de passagem da ingesta, além dos efeitos negativos do aumento da temperatura corporal atuando diretamente sobre o centro do apetite localizado no hipotálamo (Head, 1989).

A ingestão de matéria seca começa a declinar quando a temperatura ambiente excede a 27°C (Beede & Collier, 1986). A 40°C o consumo de alimento reduz para apenas 60% daquele observado em condições de termoneutralidade (Head, 1996). A queda no consumo indica que a ingestão absoluta de alimento, dos nutrientes essenciais e de energia será reduzida, a menos que se aumente a densidade energética da dieta. Geralmente, isso significa aumento da proporção de nutrientes fornecidos como concentrado e redução do consumo de forragem (Head, 1989). Outro aspecto a considerar é que, em condições de estresse térmico, forragens com alto conteúdo em fibra contribuem para elevar a temperatura corporal. Vacas estressadas pelo calor aumentam também suas necessidades de Na e K devido a um desequilíbrio eletrolítico (Valtorta & Gallardo, 1996).

Faria (1993) argumenta que quando os fatores limitantes do meio (alimentação, doenças, etc.) são eliminados, torna-se possível quantificar o

efeito do calor sobre a produção e determinar as possíveis reduções a serem esperadas.

Baccari Junior (1998) estudou os efeitos da temperatura do ar e da umidade sobre a produção de leite para vacas da raça Holandesa submetidas à variação da temperatura de bulbo seco (Tbs) de 24°C a 34°C, e umidade relativa (Ur) de 38% a 80%, e quantificou as respectivas perdas de produção. Para os registros de produção dentro da zona de termoneutralidade (Tbs = 24°C e Ur = 38%), os valores de produção foram de 100%. À medida que estes valores foram aumentando (Tbs = 34°C e Ur = 80%), verificou-se decréscimo na produção de leite de 59%.

2.3.2 Ingestão de água

O aumento da transpiração corporal, com finalidade de termorregulação, em clima quente, aumenta a necessidade de bebida de água pelos animais. Os horários da ingestão da água estão relacionados com os padrões diurnos de pastejo e descanso. Para vacas, a frequência da ingestão de água gira em torno de cinco vezes ao dia, variando de uma a seis vezes, dependendo da disponibilidade e da severidade do estresse. Em sistemas extensivos esse padrão apresenta pouca variação, com a primeira ingestão ocorrendo depois do principal período de pastejo, pela manhã. As vacas vão ao bebedouro entre 7 e 8 horas, não permanecendo no local, mas retornam ao pastejo. Voltam ao bebedouro em torno das 11 horas e permanecem descansando por várias horas (Curtis, 1983).

A frequência de ingestão de água depende da temperatura ambiente, da qualidade do alimento e da distribuição da água. Em pastagens verdes e abundantes os bovinos não bebem muita água, no entanto, quando o alimento é mais seco ou concentrado, necessitam da água frequentemente. Arnold & Dudzinski (1978) observaram que, durante um dia de verão, 30% da ingestão de

água ocorreu entre as 6 e as 12h, 53% entre 12 e as 16h e 17% entre 16 e 20h. Repararam também que as vacas permaneceram próximas ao bebedouro durante a maior parte do dia, principalmente quando não existiu sombreamento no piquete.

A ingestão de grande volume de água durante o verão contribui para hidratação e sensação de conforto do animal e também pode diminuir a temperatura do retículo e do rúmen, absorvendo, assim, parte do calor corporal. Esta água serve para dissipação do calor por meio do suor e do ofego (Collier et al., 1982).

A disponibilidade da água de bebida em ambientes quentes, pode transformar-se em um dos principais fatores limitantes para vacas de alta produção, uma vez que estas são capazes de beber mais de 100 litros por dia (Valtorta & Gallardo, 1996). O consumo de água/kg de matéria seca ingerida é relativamente constante na faixa de temperatura entre 15°C a 25°C, porém, dobra quando a temperatura atinge valores acima de 32°C. Normalmente os animais preferem ingerir água com a temperatura entre 25°C a 30°C, com tendência em reduzir o consumo quando esta temperatura está abaixo de 15°C (Head, 1996).

Nos trópicos, a perda de água observada em bovinos é de 120 a 160ml/kgPV/24h. Para compensar essa perda por excesso de calor, o consumo de água aumenta em até 49% (Mellado, 1995).

Outros fatores também influenciam o consumo de água, tais como produção de leite, característica de alimentos, peso do animal, nível de atividade, estado fisiológico, raça e temperatura da água.

2.3.3 Comportamento e conforto do animal

O estresse calórico pode ser evidenciado também por meio de alterações do comportamento do animal (Stoot, 1981). Toda modificação do processo biológico para regular a troca de calor pode ser classificada como modificação do comportamento. Sob este enfoque, a alteração do comportamento refere-se à mudança dos padrões usuais de postura, movimentação e ingestão de alimentos, que pode ocorrer sob o efeito do estresse calórico. Estas alterações são realizadas pelo animal com o objetivo de reduzir a produção ou aumentar a perda de calor, evitando aumento da temperatura corporal. O aumento na preferência do concentrado em relação à forragem, à procura de sombra quando em pastagens e à relutância das fêmeas em montar umas as outras quando em cio, são alguns exemplos. Mudanças de comportamento, visando promover a eliminação de calor, ocorrem principalmente no sentido de maximizar a dissipação de calor por condução e ou convecção (McDowell, 1972). Assim, Pires (1997) verificou que, durante o verão, os animais permaneceram mais tempo em pé, ruminando ou no ócio, e houve aumento no número de visitas ao bebedouro.

O padrão de alimentação também é alterado, com as vacas alimentando-se mais durante o período noturno, evitando a ingestão de alimento entre as horas mais quentes (Wren, 1996). Tal padrão de comportamento foi observado em vacas com acesso ou não à sombra, tendo o consumo de alimento sido, respectivamente, duas e quatro vezes maior, durante o período noturno (Schneider, 1984).

Pires et al. (2001) realizando experimento na Embrapa Gado de Leite com vacas Holandesas em confinamento do tipo *free stall* observaram os resultados da Tabela 1, na qual os tempos médios totais de alimentação no confinamento (TTA) foram sempre inferiores no verão. Os animais confinados

aumentaram em 5% o tempo de alimentação à noite no verão, comparado com inverno, mas passaram mais tempo se alimentando durante o dia em ambas as estações.

TABELA 1. Distribuição do tempo total de alimentação (TTA) de vacas Holandesas confinadas em free stall durante o dia e a noite, em duas estações do ano.

Estação	Free stall		
	TTA	DIA* (%)	NOITE** (%)
Verão	4h e 38min	3h e 23min (73,0%)	1h e 15min (27,0%)
Inverno	5h e 15mm	4h e 5mm (78,0%)	1h e 11min (22,0%)

*Dia : 6-17h, **noite : 17-6h. Adaptado de Pires et al. (2001).

2.3.4 Aspectos fisiológicos

2.3.4.1 Temperatura retal

Baccari junior et al. (1995) afirmam que a temperatura retal (TR) pode ser utilizada para aferir o equilíbrio entre ganho e perda de calor pelo animal.

Segundo Mota (1997), o aumento na temperatura retal, em ambientes quentes, denuncia que os mecanismos de liberação de calor encontram-se insuficientes. A temperatura retal pode, então, ser utilizada como índice de adaptabilidade fisiológica a ambientes quentes.

Baccari Junior et al. (1979) afirmam que existe relação da temperatura retal com a hora do dia e com a temperatura do ar. Para bovino acima de um ano de idade, a temperatura retal média fica em torno de $38,5 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (Kolb, 1987).



2.3.4.2 Freqüência respiratória

Aguiar et al. (1996) relataram que, durante o verão, vacas holandesas apresentam temperatura retal e freqüência respiratória mais elevadas à tarde e que a freqüência respiratória apresenta correlação direta com a temperatura do ar.

Pires (1997) cita que, em ambientes termoneutros, a freqüência respiratória de bovinos oscila entre 24 e 36 mov.min⁻¹ e, acima da temperatura crítica superior (25°C a 27°C), os valores podem ser aumentados em várias vezes. Hahn et al. (1997) afirmam que freqüência de 60 mov.min⁻¹ representam pouco ou nenhum estresse térmico, acima de 120 mov.min⁻¹ representam carga excessiva de calor e acima de 160 mov.min⁻¹ é perigoso e devem ser utilizados meios para amenizar o calor.

Um experimento com vacas em lactação comparando três tipos de instalações: sombra, sombra mais ventilação forçada e sombra com ventilação forçada associada à aspersão, foi realizado por Arcaro Júnior et al. (2000), estes autores verificaram maior produção de leite para animais à sombra com ventilação associada à aspersão e mais baixas freqüências respiratórias para animais na instalação com sombra e ventilação forçada.

2.4 Formas de transferência de calor entre animal e ambiente

Em condições de temperatura do ar amena, bovinos utilizam mais os mecanismos de convecção, radiação e condução para dissipar o calor através da pele (Baccari Junior, 2001). Tal processo físico é chamado de perda de calor sensível. Quando a temperatura ambiente se aproxima da temperatura corporal, ocorre dificuldade de perda de calor na forma sensível e o balanço

homeotérmico fica prejudicado. Neste caso só é possível a perda de calor na forma latente.

2.4.1 Calor sensível

O animal transfere calor para o ambiente na forma sensível toda as vezes que a temperatura do corpo é superior à do ambiente. O processo por condução só ocorre por contato entre as superfícies envolvidas, sendo algumas superfícies mais efetivas na perda de calor por condução do que outras. Por exemplo, o animal tem maior facilidade de perder calor em uma cama de areia do que em cama feita com colchão de plástico. Por convecção, o processo depende do fluxo do fluido e em situações de maior ventilação este processo é mais efetivo. Por radiação, ele depende das características dos materiais envolvidos e da transparência do meio (Baêta & Souza, 1997).

A convecção difere da condução por haver translocação de moléculas, por depender da forma e características da superfície, da área corporal e, ainda, da temperatura e da taxa de movimentação do ar (Baêta & Souza, 1997).

A troca de energia por convecção é proporcional à área da superfície do animal, ao coeficiente de convecção e à diferença de temperatura entre a superfície animal e o ar sobre a camada-limite. Ingran & Mount (1975) propuseram a Equação 1 para determinação do fluxo convectivo de calor.

$$Q_{cc} = A_{cc} \cdot h \cdot (T_s - T_a) \quad (1)$$

Em que:

Q_{cc} : fluxo convectivo, W;

A_{cc} : área efetiva da superfície animal, m²

h : coeficiente de convecção, W/m².°C;

T_s : temperatura da superfície animal, °C; e

T_a : temperatura do ar, °C.

O coeficiente de convecção (h) depende da condutividade térmica e da espessura da camada superficial, do tamanho e da forma do corpo do animal, da sua orientação em relação ao fluxo de ar e, ainda, do tipo de corrente de ar (perfil aerodinâmico), que pode ser laminar ou turbulenta (Mount, 1979; Gates, 1968).

Curtis (1983), considerando o corpo do animal como um cilindro e a movimentação do ar por convecção forçada e perpendicular ao animal, aponta a Equação 2 para calcular o coeficiente de convecção:

$$h = 6,2 \times 10^{-3} \cdot (v^{1/3} / d^{2/3}) \quad (2)$$

Em que:

h : coeficiente de convecção, cal/(cm².min. C);

v : velocidade do ar, cm/s; e

d : diâmetro do cilindro, cm.

Substituindo-se “ h ” na Equação 1, teremos a Equação 3, que define o fluxo de calor convectivo:

$$Q_{cc} = 6,2 \times 10^{-3} \cdot A_{cc} \cdot (v^{1/3} / d^{2/3}) \cdot (T_s - T_a) \quad (3)$$

2.4.2 Calor latente

Para ocorrer a perda de calor latente, inicialmente, a água, através da sudorese, passa da epiderme para a derme e, em seguida, ocorre a evaporação

para o ambiente. Ao mudar do estado líquido para o gasoso, o processo de evaporação requer um calor que é retirado da pele. Também ocorre perda de calor pela evaporação d'água por meio do trato respiratório. Por isso, o suor secretado e a umidade oriunda do trato respiratório permitem o refrescamento do animal (Curtis, 1983).

O processo de perda de calor latente requer que haja um gradiente da umidade relativa do ar. Estando o ar circundante saturado, não ocorre troca de calor por evaporação através da pele. Fatores, como quantidade de glândulas sudoríparas e a percentagem de molhamento da pele bem como da velocidade do vento também, aumentam a eficiência no processo de troca de calor por evaporação (Baêta & Souza, 1997).

Baêta & Souza (1997) apresentam a Equação 4 para calcular a densidade de fluxo evaporativo.

$$Q_e = (596 - 0,56T) A_e d (E_a - E_s) \quad (4)$$

Em que:

Q_e : densidade de fluxo, kcal/(cm².dia),

T : temperatura da água, °C,

A_e : área úmida da superfície do animal, m²,

d : coeficiente de difusão evaporativa, mg/(min.m².mb),

E_a : pressão de vapor do ar, mb, e

E_s : pressão de vapor da superfície de evaporação (pressão de saturação do vapor à temperatura da superfície), mb.

2.5 Alternativas para amenizar os efeitos do estresse térmico

A eficiência da ventilação natural está associada, além de outros fatores, à altura do teto dos estábulos. O seu emprego, bem como a ventilação forçada, favorece a dissipação do calor por convecção. É importante ressaltar que, nos animais, a perda de calor por convecção passa a ser nula quando a temperatura do ar é igual à temperatura corporal que, no caso da vaca, é de 38°C. Nestes casos, a eficiência do uso de ventiladores é questionada (Bray et al., 1996).

Em condições de altas temperaturas ambientes, a principal forma de perda de calor é a perda de calor adiabático, por meio do suor ou da respiração. Assim, quando umedecemos o corpo do animal utilizando aspersores que o molham uniformemente, estas gotas de água quando evaporam, retiram calor da superfície, aumentando o conforto do animal. Esse sistema é mais vantajoso em climas secos (Valtorta & Gallardo, 1996).

O sistema de ventilação forçada conjugada ao molhamento pode ser adotado em galpões de confinamento, aplicando-se sobre o corpo do animal gotas de água suficientemente grandes para molhar a pele e os pêlos e, com o auxílio do ventilador, efetua-se a remoção da umidade após a evaporação (Bray et al., 1996).

Nãas & Arcaro Junior (2001) citam que, até o limite de umidade relativa do ar, de 70%, o uso da água constitui a melhor forma de arrefecimento para animais em lactação, devido ao elevado calor latente de vaporização da água. Para Bray et al. (1996), os aspersores devem ser acionados sempre que a temperatura do ar ultrapassar a 25,6 °C, durante 30 segundos a cada 15 minutos, enquanto os ventiladores podem funcionar ininterruptamente após esta temperatura. Em experimento conduzido pelos autores com vacas resfriadas desta maneira a produção de leite aumentou em 11,6%.

Nääs & Arcaro Junior (2001) realizaram um experimento em Nova Odessa, SP, entre os meses de maio e outubro, comparando a eficiência de dois tipos de resfriamento sobre 18 fêmeas bovinas em lactação com produção de leite em torno de 25 kg dia⁻¹. Concluíram estes autores que os animais submetidos ao tratamento que consistia de ventilação conjugada à aspersão demonstraram terem sido submetidos ao melhor sistema de arrefecimento térmico, uma vez que apresentaram melhores resultados de desempenho produtivos quando comparados com os animais do tratamento somente com ventilação.

Igono et al. (1985), conduzindo trabalho com vacas da raça Holandesa no Missouri, utilizando aspersão de água das 11às 17:30h, quando a temperatura do ar encontrava-se acima de 27°C, encontraram acréscimo de 0,7kg.dia⁻¹ de leite destas em comparação com as vacas sem aspersão.

Em trabalho conduzido com 45 fêmeas da raça Holandesa em lactação confinadas em instalações do tipo *tie stall*, no município de Nepomuceno, sul de Minas Gerais, foram utilizados continuamente um sistema de resfriamento com ventilação e outro com ventilação conjugada a aspersão, Pereira & Correa (2001). Nesse caso, foi constatada mais rápida queda noturna e menor média geral na temperatura retal para os animais submetidos ao tratamento com ventilação conjugada à aspersão.

Bray et al. (1996) citam que trabalhos realizados na Florida obtiveram bons resultados comparando aspersores e ventiladores com sistemas de névoa e neblina de alta pressão utilizando os mesmos ventiladores. Todos os sistemas foram efetivos em termos de conforto térmico para os animais, porém, em comparação com os demais sistemas, os aspersores apresentaram a desvantagem de proporcionar maior elevação da umidade relativa do ar do microambiente.

2.6 Índice de temperatura do globo e umidade (ITGU)

Marta filho (1993) afirma que a temperatura e a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a radiação do ambiente são os parâmetros ambientais mais importantes na determinação dos índices de conforto térmico. Buffington et al. (1979) propuseram o uso do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), que incorpora a temperatura de bulbo úmido (Tbu) à temperatura de globo negro (TGN) e expressa a ação conjunta de todos os parâmetros ambientais. Este índice é determinado pela Equação 5.

$$\text{ITGU} = \text{TGN} + 0,36 \text{ Tbu} + 41,5 \quad (5)$$

Em que:

TGN : temperatura do Globo Negro, em °C,

Tbu : temperatura do bulbo úmido, em °C.

A alta radiação solar e a radiação térmica oriunda do solo, das plantas, das nuvens e da atmosfera, são fontes de radiação no ambiente. O termômetro de globo negro (TGN) mede o efeito conjugado da temperatura do ar acrescido das demais radiações do ambiente e da velocidade do vento (Christophersen, 1976).

Em um experimento em que foram avaliados materiais alternativos para a confecção do termômetro de globo, Souza et al. (2002), compararam cinco diferentes globos quanto a viabilidade de sua utilização em substituição ao globo referencial, de cobre, oco, com 0,135 m de diâmetro e espessura 0,0005 m. Concluíram os autores que o de material plástico (PVC), oco, com 0,036 m de diâmetro e espessura 0,0005 m (PP), ou seja, bola de pingue-pongue, representa uma opção satisfatória para a substituição do cobre (referencial), apresentando

bom coeficiente de correlação e constituindo uma alternativa cujo custo é mais acessível quando comparado aos demais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

Este trabalho foi realizado entre os meses de fevereiro e março de 2004, na Fazenda São Francisco, situada em Ijací, MG. Este município está localizado à latitude 20° 41' S e longitude 44° 49' W, com altitude de 996 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo Cwb, com estações bem definidas de seca, abrangendo os meses de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março.

3.2 Instalações

O experimento foi conduzido num galpão do tipo *tie stall* totalmente aberto e com ausência de árvores nas laterais, cobertura em estrutura metálica e telha de zinco apresentando lanternim com abertura de 0,10m por sobreposição na comeeira, telhado com inclinação de 30°, pé direito de 3,4m, largura de 11,9m e comprimento de 31,5m, apresentando tela de sombreamento “sombrite” na sua lateral norte. Apresenta um grande corredor central no sentido leste-oeste com as baias dispostas nas suas laterais, perpendiculares ao corredor, sendo 21 baias de cada lado (Figuras 1, 2 e 3).

Os equipamentos foram instalados a partir da extremidade oeste do galpão, desprezando-se as três primeiras baias de cada lateral para evitar eventual “efeito bordadura”. Também foi deixada uma baia “neutra” entre os tratamentos.



FIGURA 1. Galpão onde foi realizado o experimento, Fazenda S. Francisco, Ijaci, MG, 2004

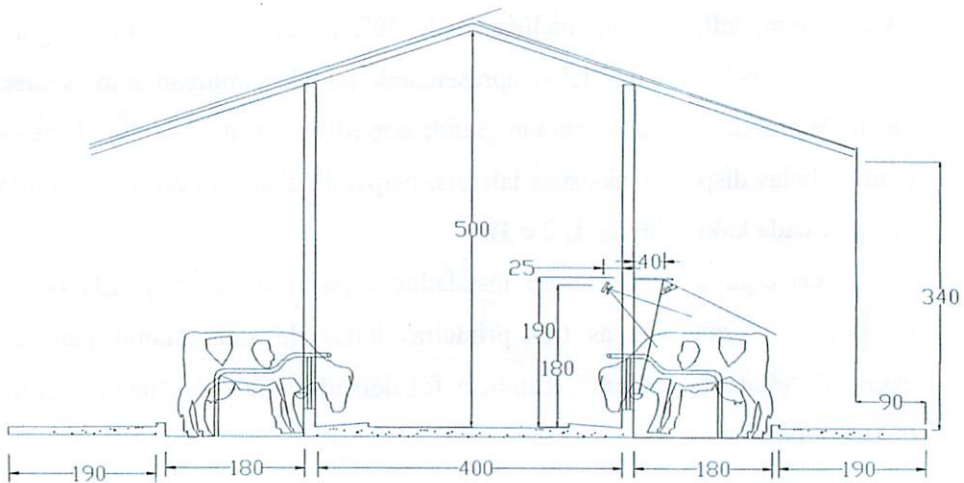


FIGURA 2. Corte transversal do *tie stall*, com disposição dos equipamentos dos sistemas de resfriamento.

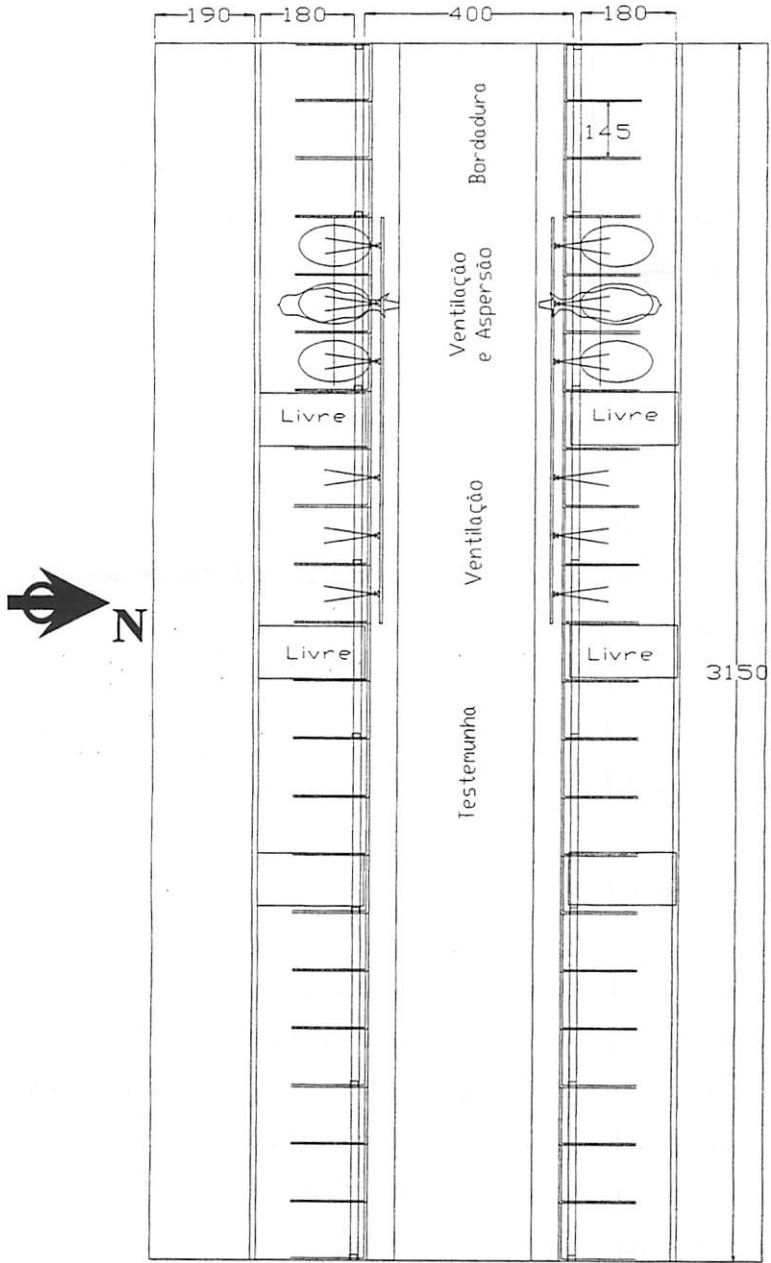
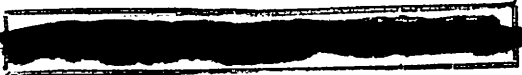


FIGURA 3. Planta baixa do galpão com a disposição dos tratamentos



As baias possuem dimensões de 1,5 m de largura por 1,8 m de comprimento, com cama de areia lavada. As vacas permanecem praticamente todo o dia alojadas em baias individuais, saindo apenas para a ordenha, duas vezes ao dia, às 5h e às 16h, em sistema de ordenha mecânica, quando permaneciam soltas por aproximadamente 1 hora, na parte da manhã, a fim de possibilitar exercício das mesmas.

3.3 Animais

Foram utilizadas 18 vacas da raça Holandesa, com peso médio de 500 kg, produção média de 20,0 kg de leite por dia, blocadas por produção em 6 quadrados e aleatoriamente distribuídas em 3 períodos e 3 tratamentos. Foram 3 quadrados de um lado e 3 do outro, ao acaso.

Os animais foram alimentados com silagem de milho e concentrado, balanceada, segundo NRC (1989), para tamanho do animal, estágio da lactação e produção de leite. A água de bebida foi servida à vontade.

3.4 Sistemas de climatização

Foram estudados dois tipos de melhoria ambiental: a ventilação forçada e a ventilação forçada conjugada com o resfriamento evaporativo. O sistema de ventilação forçada (TV) consistiu de ventiladores individuais de 100W de potência com hélice plástica de 0,18 m de diâmetro, modelo 31MSP250548 da marca EBERLE®, que proporcionavam uma vazão de aproximadamente $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ com raio de ação de aproximadamente 0,4 m a uma distância de aproximadamente 1,2 m. Os ventiladores foram afixados a uma altura de 1,80m do piso corredor de alimentação e no centro da largura da baia, com inclinação

de 30°, voltados para o dorso do animal (Figuras 2 e 4). Os ventiladores eram ativados sempre que a temperatura de bulbo seco atingia 25°C.



FIGURA 4. Vista interna do galpão, mostrando a disposição dos ventiladores (V) e dos aspersores (A).

O segundo tipo de melhoria, sistema de ventilação forçada conjugada à aspersão (TVA), consistiu de ventiladores semelhantes aos do TV, acrescidos de aspersores individuais instalados 0,10m mais alto que os ventiladores, centralizados em relação à largura da baía, a uma distância de 0,40m do corredor de alimentação, de forma a proporcionar o molhamento do dorso do animal sem atingir a cocho (Figuras 2 e 5). Para as condições deste experimento e das instalações foram utilizados bicos da marca LUMARK®, modelo 30FCX03, sob pressão de 1bar e vazão de 1100 ml.min⁻¹, com jato em cone cheio de 80°.

O acionamento dos ventiladores era simultâneo ao do outro tratamento, e os aspersores eram ativados, automaticamente, por um período de 28 segundos a cada 15 minutos, sempre que os ventiladores encontravam-se ligados, ou seja, com temperatura de bulbo seco superior a 25°C.



FIGURA 5. Vista interna do galpão mostrando a disposição dos ventiladores (V) e dos aspersores (A).

De forma a proporcionar a perda de calor necessária a manutenção das condições ideais de conforto térmico aos animais, foram calculados o tempo em que os aspersores ficaram acionados, o intervalo entre os acionamentos e o tipo de bico utilizado, considerando os dados de produção média de calor de vacas da raça holandesa com produção de 22 kg de leite.dia⁻¹, citado por Van Horn *et al.* (1994), em 37,2 Mcal.dia⁻¹ e o calor específico da água de 540 cal.g⁻¹, para a temperatura do ar de 25°C. Chegou-se ao resultado em que o animal teria que evaporar 2870g.h⁻¹ de água. Para as condições deste experimento e das instalações foram utilizados bicos da marca LUMARK[®], modelo 30FCX03, sob pressão de 1bar e vazão de 1500 ml.min⁻¹, com jato em cone cheio de 80°. Em função disso foi determinado que estes bicos deveriam ser acionados em 28 segundos a cada 15 minutos.

$$\begin{aligned} 37,2 \text{ Mcal.dia}^{-1} &= 1,55 \text{ Mcal.h}^{-1} = 1550 \text{ kcal.h}^{-1} \\ (1550 \text{ kcal.h}^{-1}) / (0,540 \text{ kcal.g}^{-1}) &= 2870 \text{ g.h}^{-1} \approx 2900 \text{ ml por hora} \\ 2900 \text{ ml} / 60 \text{ min} &= 700 \text{ ml} / 15 \text{ min} \end{aligned}$$

Portanto, o calor produzido nessas condições seria o bastante para evaporar 700ml de água sobre a superfície do anil durante o período de 15 minutos. Para um bico (aspersor) com 1500ml.min⁻¹, temos:

$$700 \text{ ml} \times 60 \text{ seg} / 1500 \text{ ml} = 28 \text{ segundos}$$

3.4.1 Sistema de automação

O sistema automação foi desenvolvido pela área de Eletricidade e Automação do Departamento de Engenharia da UFLA e consistiu de um termostato com faixa de trabalho de 0°C a 40°C, conjugado a um disjuntor para

proteção do sistema, um contactor (chave magnética) e dois temporizadores da marca SIEMES®, um com escala de 0 a 60 segundos e outro com escala de 0 a 60 minutos, que acionava uma válvula solenóide da marca EMICOL® (Figura 7).

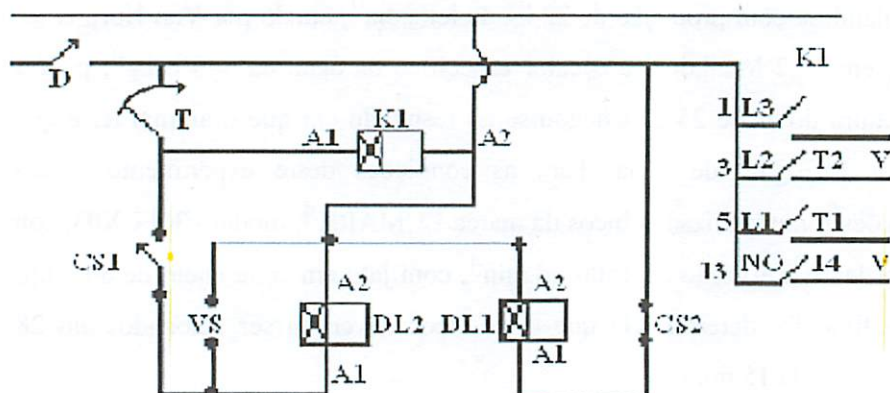


FIGURA 6. Esquematização do circuito elétrico do sistema de automação da ventilação e aspersão - D: disjuntor, T: termostato, VS: válvula solenóide, DL1: temporizador de minutos, DL2: temporizador de segundos, K1: contactor e V: saída para os ventiladores.

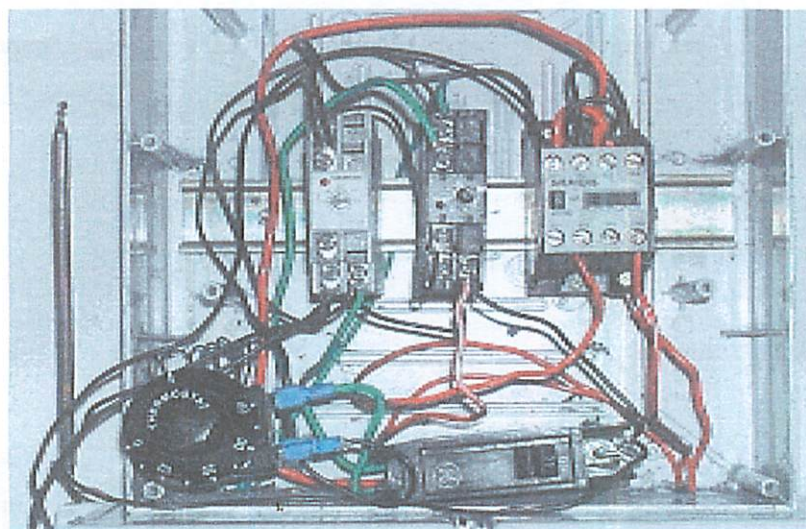


FIGURA 7. Foto do sistema de automação.

3.5 Coleta de dados

3.5.1 Dados climáticos

Foram registradas no interior do *tie stall* a temperatura e a umidade relativa do ar (Tar e Ur), por meio de um termohigrógrafo da marca LAMBRECHT®, temperatura com escala de -20°C a 60°C , precisão de 1°C e umidade relativa do ar com escala de 0 a 100%, precisão de 5%, instalado no centro do galpão a uma altura de 1,90m.

As temperaturas de bulbo úmido (Tbu) e de bulbo seco (Tbs) foram coletadas por meio de um psicrômetro da marca INCOTERM®, com precisão de 1°C .



FIGURA 8. Disposição dos equipamentos de coleta de dados do ambiente: psicrômetro (P), termohigrógrafo (T) e termômetro de globo negro (G).



FIGURA 9. Termômetro de globo negro.

A temperatura de globo negro (TGN) foi coletada por meio do termômetro de mercúrio da marca INCOTERM[®], com escala de -10°C a 110°C , precisão de 1°C acoplado com um globo de plástico do tipo cloreto de polivinila (PVC) oco, com 0,036 m de diâmetro e espessura 0,0005 m, ou seja, bola de ping-pong pintada com tinta preta fosca (Souza et al., 2002) (Figura 6).

Tanto o psicrômetro quanto o termômetro de globo negro foram instalados no interior do galpão acima da divisória das baias, a 1,30m de altura e 0,80m de distância do piso do corredor de alimentação. Os dados foram coletados a cada 6 horas, durante um período de 24 horas (08, 14, 20, 02 e 08 horas).

Procurou-se realizar o experimento nos períodos críticos do verão. Para tanto, foram alternados os animais em três períodos, em que os animais de um tratamento foram submetidos aos demais tratamentos. Cada período de observação constou de seis dias, tendo os três primeiros dias servido para adaptação dos animais e nos últimos 3 dias foram realizadas as coletas de dados. Foi aproveitado para análise estatística apenas o dia mais crítico, de maior ITGU, de cada período.

3.5.2 Parâmetros dos animais

Para avaliar os parâmetros fisiológicos foram coletadas a frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR), realizadas a cada 6 horas durante um período de 24 horas (08, 14, 20, 02 e 08 horas). As frequências respiratórias foram medidas mediante contagem dos movimentos dos flancos, por um período de 15 segundos, contados em cronômetro de pulso. A temperatura retal foi medida usando-se um termômetro clínico digital inserido no reto do animal.

Para avaliar o desempenho produtivo das vacas, foram medidas as produções de leite diária da ordenha da manhã e da tarde e calculada a ordenha total (PL) para o dia de máximo ITGU de cada período.

3.5.3 Análise estatística

A frequência respiratória e a temperatura retal foram analisadas como medidas repeditas pelo procedimento MIXED do SAS (Littell et al., 1996). Três estruturas de covariância foram testadas: auto-regressiva de ordem 1 (AR1); não-estruturada (UN) e simetria composta (CS). Para as duas variáveis (FR e TR) UN apresentou o maior valor para o critério de informação de Akaike e foi, portanto, a mais indicada. Utilizou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + Q_i + P_j + V(Q)_{k(i)} + T_i + C_m + TC_{im} + e_{ijklm} \quad (6)$$

Em que,

μ : média geral

Q_i : efeito do quadrado ($i = 1$ a 6)

P_j : efeito do período ($j = 1$ a 3)

$V(Q)_{k(i)}$: efeito da vaca dentro de cada quadrado ($k = 1$ a 18).

T_l : efeito do tratamento ($l = TC, TV, TVA$)

C_m : efeito da hora de coleta ($m = 0, 6, 12, 18, 24$)

TC_{lm} : interação entre tratamento e hora de coleta

e_{ijklm} : erro experimental

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados do ambiente térmico

A Tabela 2 apresenta as médias de registros climáticos coletados de temperatura e umidade do ar (Tar e Ur), bem como para índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) calculado para o período do experimento.

TABELA 2. Médias da temperatura (Tar) e umidade relativa do ar (Ur) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para os horários observados.

Variáveis	Horários				
	08h	14h	20h	02h	08h
Temperatura do ar (°C)	22,2	29,5	21,8	19,8	22,7
Umidade relativa (%)	80,7	50,0	83,3	85,7	82,7
ITGU	71,8	80,5	71,5	68,0	72,0

As médias dos dados do ambiente térmico para os horários coletados apresentam o horário das 14h como sendo o mais crítico para o conforto dos animais (Tabela 2). Observando-se a temperatura do ar (Tar) dos diferentes períodos estudados e comparando-a com a temperatura limite máxima (TLM) da zona de conforto para vacas leiteiras de 24°C (Mellado, 1995), observa-se que os períodos 1 e 3 foram os que apresentaram os maiores valores, indicando terem sido estes os períodos mais severos quanto ao conforto térmico dos animais (Figura 7).

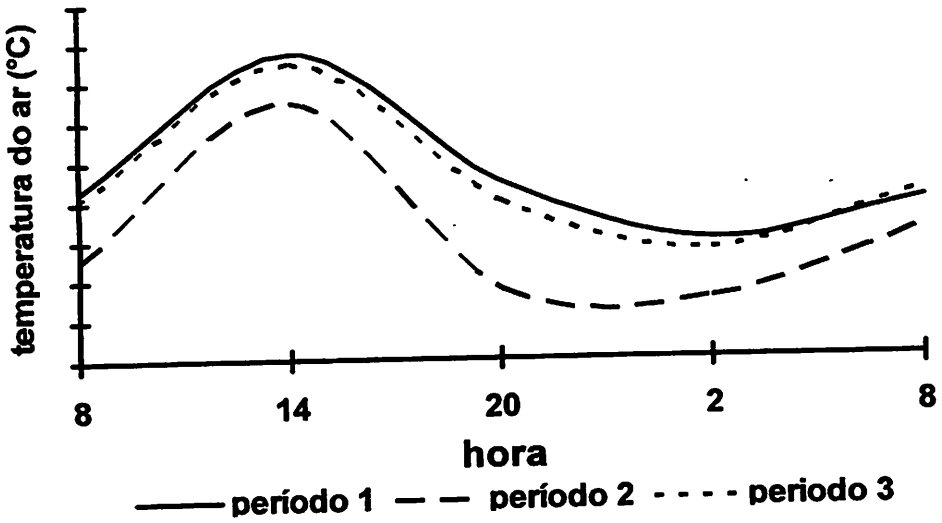


FIGURA 10. Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$) para os três períodos do experimento

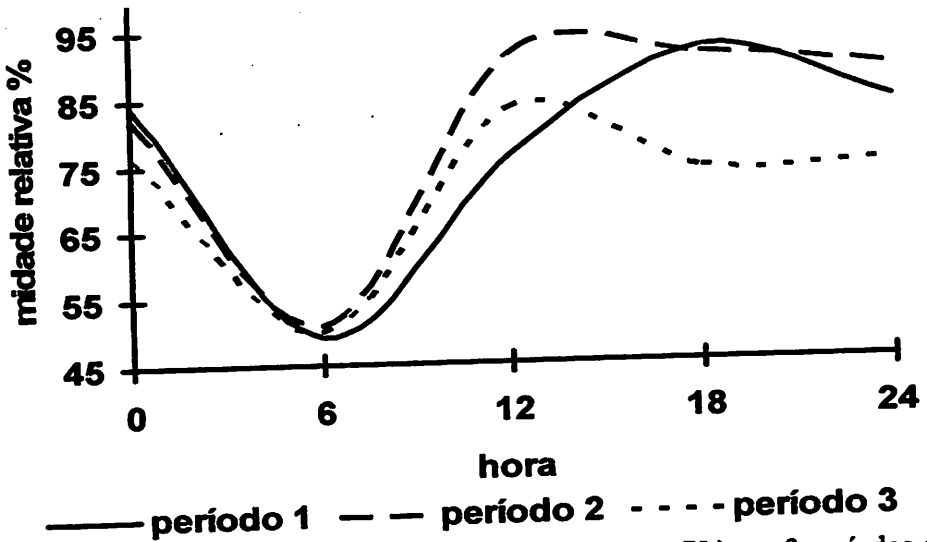
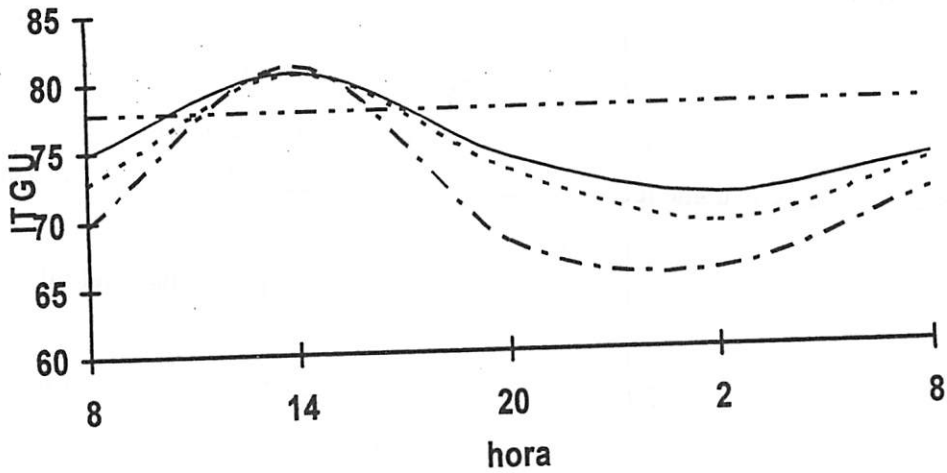


FIGURA 11. Comportamento da umidade relativa do ar (U_r) nos 3 períodos do experimento

Os valores para umidade relativa do ar (U_r) nos diferentes períodos do experimento demonstram que, em média, a U_r esteve abaixo de 70% por mais de sete horas, normalmente nos horários de maior desconforto. Isto é apontado, por

Nääs & Arcaro Junior (2001), como sendo a umidade relativa em que a ventilação conjugada à aspersão se torna o meio mais indicado para o arrefecimento de vacas em lactação. Estas condições de Ur indicam maior viabilidade na utilização do TVA para resfriamento de vacas lactantes em comparação aos tratamentos aqui testados (Figura 10).

Os valores de ITGU nos diferentes períodos do experimento demonstram que, nos três períodos estudados, o comportamento do ITGU foi semelhante, ocorrendo o desconforto apenas em algumas horas do dia, valores máximos por volta das 14 horas, quando superaram o limite máximo da zona de conforto para vacas leiteiras de 77,8, apontado por Martello (2002) (Figura 11).



— 1º período - - - 2º período - . . . 3º período - . . . ITGUconforto

FIGURA 12. Comportamento do Índice de Temperatura de Globo Negro (ITGU) nos três períodos do experimento

4.2 Respostas fisiológicas (FR e TR)

Os resultados estatísticos obtidos na análise pelo procedimento de MIXED do SAS (Littell et al., 1996) para as variáveis frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TR) estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que para a FR, tratamento (trat) e hora foram ambos significativos com $p < 0,001$. Na interação entre tratamento e hora (trat*hora) também houve significância com $p < 0,05$, o que indica haver maior eficiência de tratamentos em determinados horários em que as condições de ambiente térmico foram mais desfavoráveis aos animais. Para a TR, os resultados apontam serem significativos o tratamento e a hora ($p < 0,05$ e $p < 0,001$, respectivamente) e não significativo com $p > 0,05$ para interação entre tratamento e hora, indicando não haver um efeito maior do tratamento sobre a TR dos animais para horas em que o ambiente térmico encontrou-se mais adverso.

Na Tabela 3 ainda pode-se observar que a média geral da FR foi menor para os animais submetidos ao tratamento de ventilação conjugada à aspersão (TVA) (8,6% e 15,9% a menos que TV e TC, respectivamente), tendo os animais sob o tratamento com ventilação (TV) apresentado média geral inferior (7,8%) aos animais do tratamento controle (TC).

As médias da TR nos diferentes tratamentos foram menores para os animais submetidos ao TVA (0,21°C e 0,22°C a menos que TV e TC, respectivamente), concordando com os resultados encontrados por Martello (2002) e Perissinoto (2003). Considerando o erro padrão médio (EPM), os animais submetidos a TV apresentaram média geral igual aos animais controle. Pereira & Correa (2001) também encontraram resultados semelhantes para animais submetidos ao TVA em experimento realizado em instalações tipo *tie stall* no município de Nepomuceno, MG, durante o mês de fevereiro.

TABELA 3. Frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e produção de leite (PL) em 18 vacas submetidas aos tratamentos com ventilação conjugada à aspersão (TVA), com ventilação (TV) e controle (TC), distribuídas em seis quadrados latinos 3x3

	TVA	TV	TC	EPM	P	P	P trat *hora	Linear	Qua- drático
					Trat	hora			
FR	48,8	53,4	58,0	1,37	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	0,98
TR	38,6	38,9	38,9	0,06	0,04	<0,001	0,17	0,03	0,22
PL	19,8	20,53	20,0	0,44	0,84			0,26	0,80

EPM = Erro padrão da média.

P trat, P hora, P trat*hora = Probabilidade para os efeitos de tratamento e hora de coleta e para interação entre trat. e hora.

Quadrático = Probabilidade dos contraste TV vs (TC+TVA)

Linear = Probabilidade do contraste TC vs TVA.

4.2.1 Nos diferentes horários

Na avaliação dos tratamentos dentro dos diferentes horários observa-se, na Figura 10, que, para a FR, o emprego do TVA foi efetivo na melhoria do microclima em todos os horários observados e o emprego do TV foi efetivo nos dois horários de maior adversidade climática, ou seja, às 14 e às 20 horas. Nos demais horários não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre o TV e o TC. As médias obtidas permitem verificar que, às 14 horas, que é o horário mais adverso, o emprego do TVA reduziu em 16,3% a frequência respiratória dos animais; às 20 horas o mesmo efeito foi observado com redução ainda maior de 24,6%.

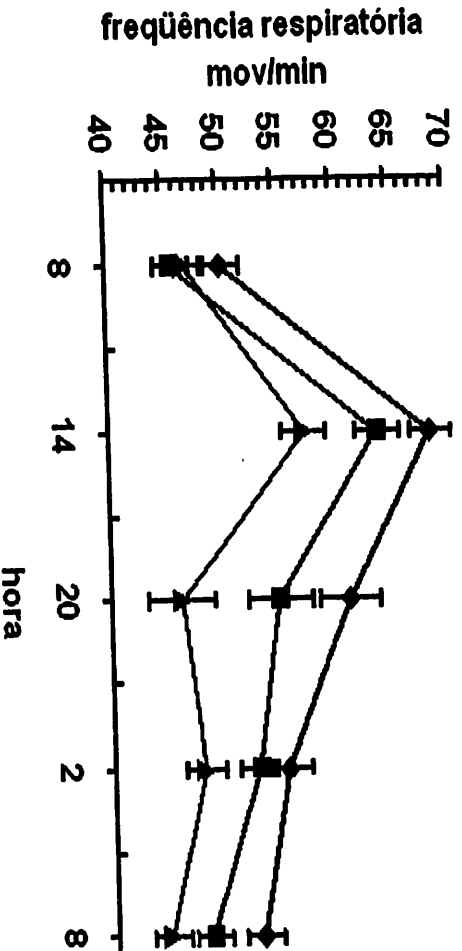


FIGURA 13. Comportamento da frequência respiratória (FR) e erro padrão médio (EPM) das 18 vacas submetidas aos tratamentos com ventilação conjugada à aspersão (▲), ventilação (■) e controle (◆), nos diferentes horários de coleta ao longo do dia (8, 14, 20, 2 e 8 horas).

Os resultados da análise do efeito dos tratamentos sobre a TR dos animais nos diferentes horários de observação (Figura 13) mostram que somente o tratamento com ventilação conjugada à aspersão, e nos horários das 14h e 20h, foi efetivo em proporcionar menores valores de temperatura retal, indicando melhor condição de conforto aos animais. Nos demais horários não houve diferença significativa entre os valores das médias de TR entre os animais sob os tratamentos. Os valores de TR para todos os tratamentos estão dentro dos limites de variação da TR para vacas leiteiras (37,5°C a 39,3°C), segundo Silva (2000). No entanto, os animais sob TVA apresentaram mais baixas TR e valores menores para sua amplitude, tendo mesmo após o desligamento do sistema de resfriamento, notou-se efeito do TVA, uma vez que os animais sob tal tratamento continuavam apresentando menor TR, indicando haver efeito positivo do tratamento quanto à diminuição da temperatura retal durante as 24 horas do dia.

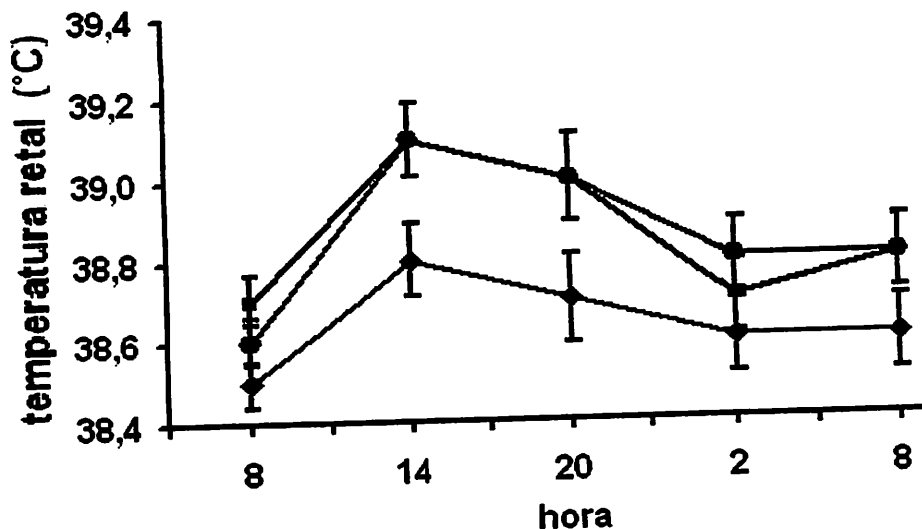


FIGURA 14 Comportamento da temperatura retal (TR) e erro padrão médio (EPM) das vacas submetidas aos tratamentos com ventilação conjugada à aspersão (◆), ventilação (●) e controle (■), nos diferentes horários de coleta ao longo do dia (8, 14, 20, 2 e 8 horas).

Não se observa diferença nos valores da TR entre TV e TC, provavelmente devido ao fato de que a instalação em que foi realizado o experimento possuir lanternin e pé direito bem alto. Estes aspectos favorecem muito o aproveitamento da ventilação natural sobre os animais, que pode ter anulado o efeito da ventilação forçada utilizada pelo sistema, indicando efeito da ventilação na redução da TR somente quando conjugada à aspersão. Demonstra-se, assim, que o emprego do TVA consegue tornar os animais mais confortáveis nos horários mais críticos e mantém o conforto mesmo após o desligamento do sistema, que ocorreu por volta de 18 horas.

4.2.2 Nos diferentes ITGUs

A Figura 15a contém a representação gráfica das equações de regressão linear que melhores definiram o comportamento da FR em relação ao ITGU nos diferentes tratamentos. Observa-se que, no TVA, a FR apresentou sempre valores inferiores a 60 mov/min, que é considerado frequência respiratória limite de conforto (FRL) por Hahn et al., (1997), mesmo após o ITGU apresentar valores superiores ao considerado como limite máximo da zona de conforto para vacas leiteiras de 77,8, apontado por Martello (2002).

Nos horários em que o ITGU apresenta os menores valores o TVA também apresenta valores para FR bem inferiores aos apresentados pelos demais tratamentos. Estas observações são indicativas de que o TVA apresenta eficiência em favorecer a melhoria do microclima para vacas leiteiras nas condições em que foi realizado experimento.

Os valores da FR apresentados por TV e TC foram bem próximos para o mesmo ITGU, indicando não haver grande eficácia na utilização do TV, nas condições em que foi realizado este experimento.

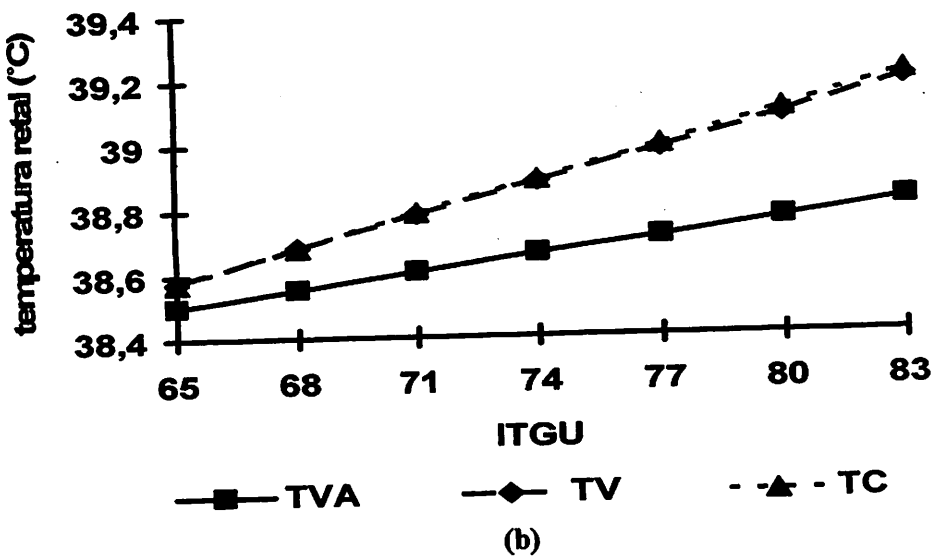
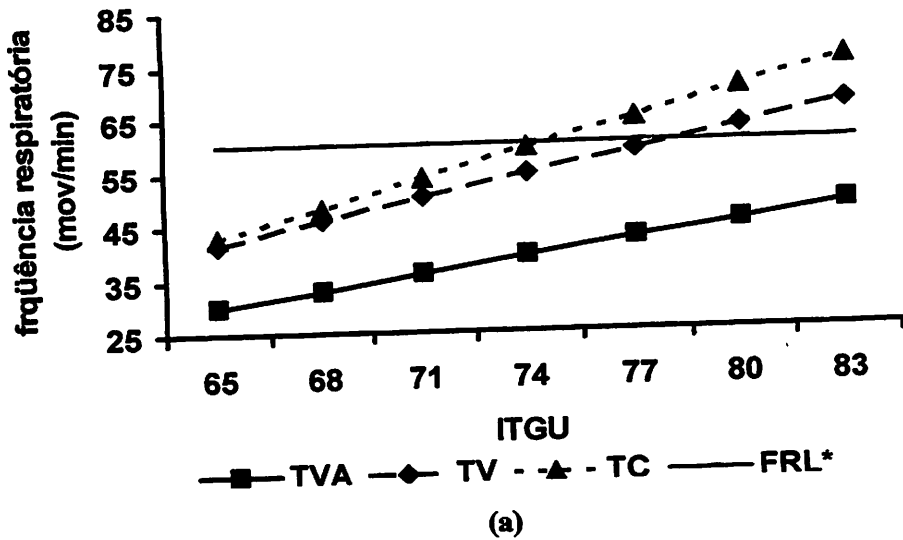


FIGURA 15 Comportamento da frequência respiratória (mov/min) (a) e da temperatura retal (b) das vacas submetidas aos tratamentos ventilação conjugada a aspersão (TVA), ventilação (TV) e controle (TC), nos índices de temperatura do globo e umidade (ITGUs) registrados no experimento e comparação com frequência respiratória limite de conforto para vacas leiteiras (FRL) apontado por Hahn et al. (1997)

Na Figura 15b, com a representação do comportamento da FR em relação ao ITGU, observa-se que todos os tratamentos utilizados apresentaram respostas para FR dentro dos limites de variação da TR para vacas leiteiras (37,5°C a 39,3°C). Contudo, a temperatura retal foi menor para os animais sob TVA, para todos os valores de ITGU apresentados. TV e TC apresentaram comportamentos semelhantes entre si para todos os ITGUs.

4.3 Respostas da produção de leite (PL)

Embora trabalhos anteriores cite ter havido aumento na produção de leite quando da utilização dos sistemas de arrefecimentos dos tipos testados neste trabalho, apontando o TVA como sendo o mais vantajoso seguido do TV (Bucklin & Bray, 1998; Lin et al., 1998 e Baccari Junior, 1998), neste trabalho não se encontrou diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 3) na análise dos dados de produção para os tratamentos a que foram submetidos os animais. A justificativa talvez esteja no do reduzido número de dias (6) em que os animais estiveram submetidos a cada tratamento em cada período.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições do presente trabalho conclui-se que:

1 – o tratamento do sistema de ventilação conjugado à aspersão (TVA) foi mais eficiente em amenizar os efeitos nocivos do ambiente térmico, uma vez que os animais submetidos a ele apresentaram menores valores para frequência respiratória (FR), com redução de 8,6% e 15,8%, em relação ao sistema de ventilação (TV) e de controle (TC), respectivamente. O TVA também foi significativo em reduzir a temperatura retal (TR) dos animais em 0,3°C em relação ao TV e TC nos horários mais críticos (14 e 20h);

2 – o TV foi eficiente em melhorar o conforto dos animais quando comparado ao controle; na média geral, a FR reduziu em 7,9%. Para a TR, o TV não apresentou redução em comparação aos valores obtidos no TC;

3 – não houve diferenças significativas entre os valores obtidos para produção de leite (PL) nos tratamentos estudados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I. S.; BACCARI JUNIOR, F.; GOTTSCHALK A. F. Produção de leite de vacas holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade in: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBZ, 1996. p. 617-619.
- ARCARO JUNIOR, I.; POZZI, C. R.; MATARAZZO, S. V.; FAGUNDES, H. Produção e composição do leite de vacas holandesas em sala de espera climatizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 3., 2000, Maringá. Anais... Maringá, 2000.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, July 1994.
- ARNOLD, G. W.; DUDZINSKI, M. L. *Ethology of free-ranging domestic animals*. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1978. 192 p.
- ASHRAE *Handbook of fundamentals*. American Society of Heating and refrigerating and Air- conditioning Engineers Atlanta, 1985.
- BACCARI JÚNIOR, F. Jr. Adaptação de Sistemas de Manejo na Produção de Leite em Clima Quente. In: SILVA, I. J. O. *Ambiência na produção de leite*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 24-65.
- BACCARI JUNIOR, F. *Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes*. Londrina. Ed. UEL, 2001. 142 p.
- BACCARI JUNIOR, F. AGUIAR, I. S.; DALFAVA, 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. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 6., 1997, Lisboa. Anais... Lisboa: APEZ, 1997. p. 331-336.

BACCARI JUNIOR, F.; AGUIAR, I. S.; TEODORO, S. M. Hipertermia, taquipnéia e taquicardia em vacas holandesas malhadas de vermelho sob stresse térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1., 1995, Jaboticabal. Anais... Jaboticaba, 1995. p. 15-26.

BACCARI JUNIOR, F.; CAMPOS NETO, O.; ROCHA, G. P. Variação fisiológica da temperatura retal das 8 às 18 horas em bovinos holandeses – correlação com a temperatura ambiente e hora do dia. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES DO CÂMPUS DE BOTUCATU, 7., 1979, Botucatu. Anais... Botucatu, 1979. p. 5-8.

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

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 62, n. 2, p. 543-555, Feb. 1986.

BERBIGIER, P. **Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale,** Paris: INRA, 1988. 237 p.

BRAY, D. R.; BUCKLIN, R. A.; MONTOYA, R. E.; *et al.* . Modificaciones del medio ambiente para reducir La tensión ambiental causada por el calor en vacas de leche. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE GANADERIA EN LOS TROPICOS, 1996, Tampa. Anais... Tampa, 1996. p. 74-83.

BUCKLIN, R. A.; BEEDE D. K.; BRAY, D. R. . Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Applied Engineering Agriculture*, St. Joseph, v. 7, p. 214, 1991

BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R. The american experience in dairy management in warm and hot climates. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998. Anais... 1998. p. 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. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, May/June 1979.

CHRISTOPHERSEN, E. **Ventilationstekniske maalinger**. SBI- Anvisning 102, Statens Byggeforskningsinstitut, 1976.

COLLIER, R. J.; BEEDE, D. K. Thermal stress as a factor associated with nutrient requirements and interrelationships. In: McDOWELL, L. R. **Animal feeding and nutrition**. New York: Academic Press, 1986. p. 59- 71.

COLLIER, R. J.; BEEDE, D. K.; THATCHER, W. W. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal Dairy Research**, Champaign, v. 65, n. 11, p. 2213-2227, Nov. 1982.

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

DE LA SOTA, R. L.; RISCO, C. A.; MOREIRA, F. et al. Efficacy of a timed insemination program in dairy cows during Summer heat stress. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 74, 133p., 1996. Supplement 1.

DU PREEZ, J. D.; GIESECKE, W. R.; HATFINGH, P. J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-umidity index mean values during the four main seasons. **Onderstepoort Journal Veterinary Research**, Pretoria, v. 57, n. 1, p. 71-87, 1990.

EMPEL, W.; JEZERSKI, T.; BRZOWSKI, P.; MARKIEWICZ, G. H.; GIMZEWSKA, K.; KOLAKOWSKI, T. Behaviour of dairy cows within three hours after feed supply. I. Influence of housing type and time elapsing after feed supply. **Animal Science Papers and Reports**, Edinburgh, v. 11, n. 4, p. 301-309, 1993.

FARIA, V. P. de. As reais limitações do calor na produção leiteira. **Balde Branco**, São Paulo, v. 30, n. 350, p. 25-29, dez. 1993.

GATES, D. M. Physical environment. In: **Adaptation of domestic animals**. Lea & Febiger. Philadelphia, 1968. 364 p.

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

HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, p. 97-121, 1997. Paper, n. MC

HEAD, H. H. Manejo de animais em sistemas de estabulação livre visando maximizar conforto e produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2., 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 38-89.

HEAD, H. H. The strategic use of the physiological potential of the dairy cow. In: SIMPÓSIO LEITEIRO NOS TRÓPICOS, 1989, Botucatu. *Anais...* Botucatu, 1989. p. 38-89.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. In: *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

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. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 68, n. 4, p. 979-985, Apr. 1985.

INGRAM, D. L.; MOUNT, L. E. *Man and animais in hot environments*. New York, Springer-Variag, 1975. 185 p.

JACOBSEN, K. L. The well-being of dairy cows in hot and humid climates. Part 1; Housing and effects of heat stress. *Compendium on Continuing Education for the Practing Veterinary*, Trenton, v. 18, n. 9, 242, Sept. 1996. Supplement.

JANK, M. S.; FARINA, E. M. M. Q.; GALAN, V. B. O agribusiness do leite no Brasil. In: ENCONTRO TERRA NOVA DE PECUÁRIA, 1., 1999, São José do Rio Preto/SP. *Anais...* São José do Rio Preto, SP.: Terra Nova, 1999.

JOHNSON, H. D. *Bioclimatology and adaptation of livestock*. Amsterdam: Elsevier, 1987. 219 p.

JOHNSON, H. D. Physiological responses and productivity of cattle. In: YOUSEF, M. K. *Stress phyliology in livestock*. Boca Raton: CRC Press, 1985. v. 2, p. 3-22.

KOLB, E. Fisiologia veterinária. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612 p.

LIN, J. C.; MOSS, B. F.; KOON, J. L.; FLOOD, C. A.; SMITH III, R. C.; CUMMINS, K. A.; COLEMAN, D. A. Comparasion of various fan, sprinkler, and mister sistens in reducinf heat stress in dairy cows. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, v. 14, n. 2, p. 177-182, Mar./Abr. 1998.

LITTELL, R.C. et al.. SAS system for mixed models. Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

MARTA FILHO, J. Métodos quantitativos de avaliação de edificações para animais, por meio da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico. 1993. Dissertação (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu.

MARTELLO, L. S. Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações. 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Botucatu,

MAUST; L. E. I.; McDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. W. Effect of summer weather on performance of Holstein cow in three stages of lactation. Journal Dairy Science, Champaign, v. 55, n. 8, p. 1133-1137, Aug. 1972.

McDOWELL, R. E. Improvement of livestock production in warm climates. San Francisco: Freeman, 1972. 711 p.

MELLADO, M. Respuesta fisiológica, produccion de leche, eficiencia reproductiva y salud del ganado lechero expuesto a temperaturas ambientales elevadas. Veterinaria México, México, v. 26, p. 389-399, 1995.

MOTTA, L. S. L. S. Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. 1997. 69 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

MOUNT, L. E. Adaptacion to termal environment – man ad his productive animals. Baltimore, Maryland: University Park Press, 1979. 333 p.

MULLER, P. B. Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos. 2. ed. Porto Alegre: Sulina 1982. 158 p.

NÃÃS, I. A. Estresse calórico, comportamento e desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL, 2., 2000, Campinas. Anais... Campinas, 2000. p. 107-118.

NÃÃS, I. A. Princípios do conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone Editora, 1989. 183 p.

NÃÃS, I. A.; ARCARO JR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 139-142, jan./abr. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 6. ed. Washington: National Academy, 1989.

PEREIRA, M. N.; CORREA, C. E. S. Manejo dos sistemas de produção de leite em confinamento. In: SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTOS E EM CONFINAMENTO, 3., 2001, Juiz de Fora Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 61-73.

PERISSINOTTO, M. Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo free stall para confinamento de gado leiteiro. 2003. 122 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PIRES, M. F. A. Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça holandesa confinadas em free stall, durante o inverno. 1997. Dissertação (Doutorado) - Escola de Veterinária/ UFMG, Belo Horizonte.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Influência do estresse calórico no comportamento e desempenho animal. In: PRIMEIRO MINAS LEITE, 1., 1999, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1999. p. 87-104.

PIRES, M. F. A.; NOVAES, L. P.; CAMPOS, A. T. **Ambiência na produção leiteira.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO, NUTRIÇÃO E SANIDADE DE GADO LEITEIRO, 2001, São Carlos-SP. *Anais...* São Carlos, 2001. p. 251-284.

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*, Champaign, v. 67, n. 11, p. 2. 548- 553, Nov. 1984

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Nobel, 2000. 286 p

SOUZA, C. S.; TINOCO, I. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 1, p. 157-164, jan./fev. 2002.

SOUSA, P. **Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente.** 2002. Dissertação (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

STOTT, G. H. What is animal stress and how it is measured? *Journal Animal Science*, Champaign, v. 52, n. 1, p. 150-157, Jan. 1981.

TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F.; PASSINI, R.; BALEIRO NETO, G.; FAGUNDES, A. C. A.; LIMA, C. G. Estudo da tolerância ao calor em tourinhos das raças Marchigiana, Nelore e Simental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMEROROLOGIA, 1998, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBBiomet, 1998. p. 2-37, 1998.

VALTORTA, S. E.; GALLARDO, M. El estres por calor en produccion lechera. *Temas de Produccion Lechera*, Bogota, n. 81, p. 85-112, out. 1996.

VAN HORN, H. H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W. J.; NORDSTEDT. Components of dairy manure management systems. *Journal of Dairy Science*, Champaign v. 77, n. 7, p. 2008-2030, July 1994.

WEST, J. W. Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign v. 77, n. 7, p. 2091-2098, July 1994.

WOLFENSON, D.; FLAMEMBAUM, I.; BERMAN, A. Hyperthermia and body energy store effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3497-3504, Dec. 1988.

WOLFF, L. K.; MONTY Jr., D. E. Physiologic response to intense summer heat and its effect on the estrous cycle of nonlactating and lactating holstein-friesian cows in arizona. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 35, n. 2, p. 187-192. 1974

WREN, G. Heat stress. **Bovine Veterinarian**, Lenexa, Maio, 1996. p. 4-8.

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

