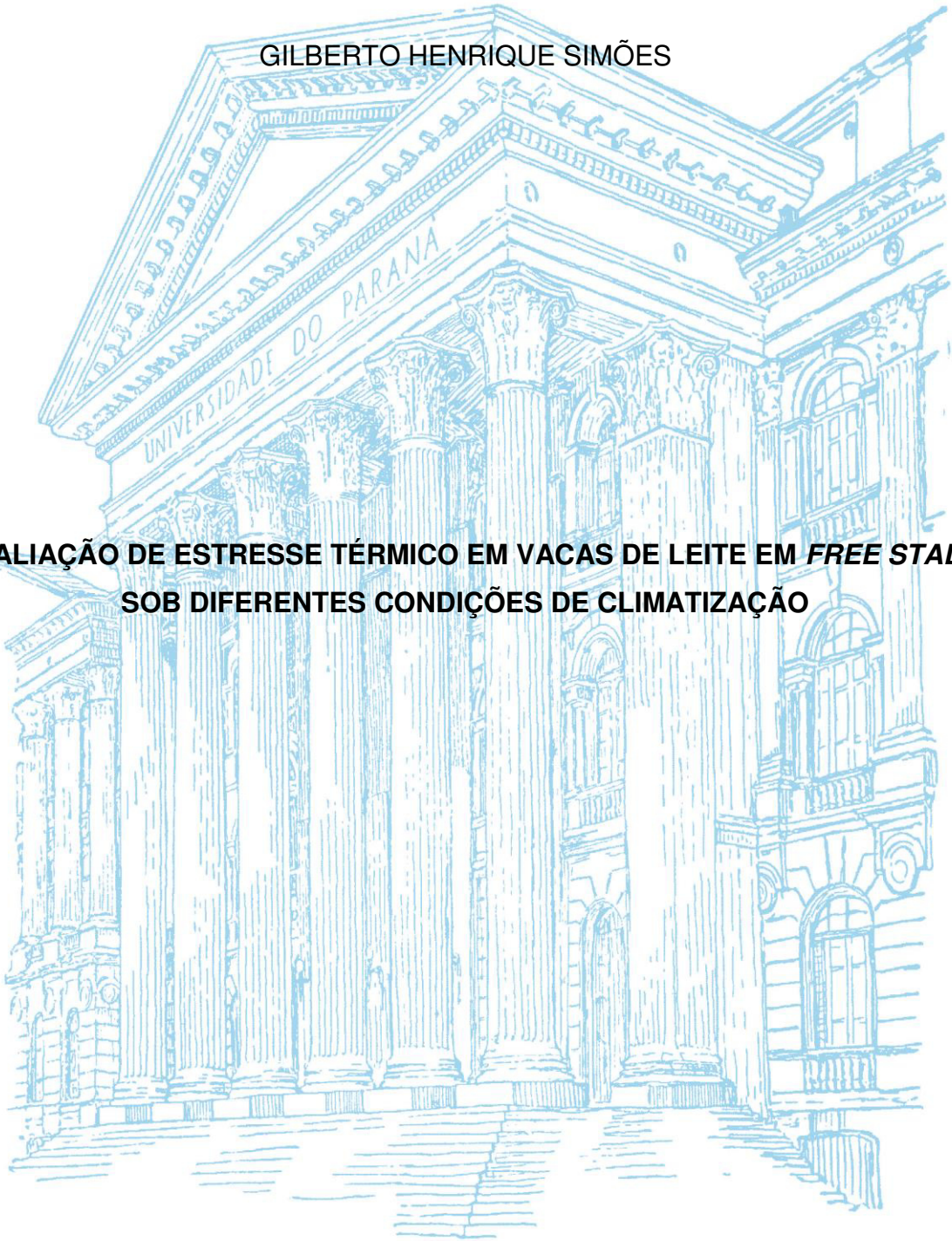


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GILBERTO HENRIQUE SIMÕES

**AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS DE LEITE EM *FREE STALL*
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO**



PALOTINA

2014

GILBERTO HENRIQUE SIMÕES

AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS DE LEITE EM *FREE STALL*
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração em Saúde Animal, linha de pesquisa em Patologia Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Erica Cristina B. P. Guirro

PALOTINA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S593 Simões, Gilberto Henrique Zadinelo
Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em *free stall*
sob diferentes condições de climatização / Gilberto Henrique
Simões; Orientador, Erica Cristina B. P. Guirro - Palotina, PR,
2014..
75p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, PR -- Área de concentração: Saúde Animal .
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2014.

Inclui referências

1. Estresse Térmico. 2. Produção Leiteira. 3. Sistema de
Climatização. I. Guirro, Erica Cristina B. P. II. Universidade
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal . III. Título.

CDU 637.133

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



TERMO DE APROVAÇÃO

GILBERTO HENRIQUE SIMÕES

“AVALIAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS DE LEITE EM *FREE STALL*
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Área de Concentração em Saúde Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Erica Cristina Bueno do Prado Guirro
Presidente/Orientadora: Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Américo Frões Garcez Neto
Membro: Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. José Antonio Fregonesi
Membro: Universidade Estadual de Londrina - UEL

Palotina, 17 de junho de 2014

Agradeço imensamente a minha família, aos meus amigos, aos meus professores e a todos que colaboraram.

Dedico a vocês

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

Nelson Mandela

AGRADECIMENTOS

Á Deus por toda a sua proteção e iluminação os meus caminhos.

A Universidade Federal do Paraná pela educação de qualidade e conhecimentos adquiridos.

A minha amiga orientadora Prof. Dr^a. Érica Cristina Bueno do Prado Guirro, pela confiança, conhecimentos, valores e amizade passados, minha admiração.

Ao professor Dr. Américo Fróes Garcez Neto por todo apoio e ensinamentos repassados.

Ao colega Pedro Argel pela ajuda, paciência e todo suporte nas análises no laboratório clínico.

Ao meu grande amigo e irmão Pedro, que sempre conseguia um tempo para auxiliar nas coletas.

Ao Gerson Araldi pela grande oportunidade fornecendo a propriedade e os animais para realização dos estudos e trabalhos desta pesquisa.

À minha esposa, Caroline, por todo o seu amor, amizade, paciência e carinho.

A minha família por estar presente em todos os momentos, mesmo quando não foi possível compartilhar.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram nesta conquista.

RESUMO

O estresse térmico é um dos fatores que mais incide na diminuição de produtividade da pecuária leiteira em regiões de altas temperaturas, e acarreta prejuízo na produção leiteira de até 25-30 %. A busca por melhores condições térmicas nos ambientes aumentam significativamente para proporcionar condições ótimas de bem-estar animal aliado a eficiência produtiva. Objetivou-se a avaliação das respostas ao desafio térmico em instalações do tipo *free stall* sob diferentes sistemas de climatização. Foram utilizadas 31 vacas lactantes da raça Holandesa preto e branco divididas em três tratamentos individualizados com sistemas de climatização durante dez dias: TCON (tratamento controle, sem nenhum sistema ou equipamento), TVEN (tratamento com ventiladores) e TVEA (tratamento com ventiladores e aspersores); em instalação do tipo *free stall* com 40 camas no município de Palotina – PR. Foram avaliadas as condições térmicas (temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN), índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e, nos animais verificou-se a frequência respiratória, temperatura de pelame, produção leiteira, composição do leite (proteína, lactose, gordura e sólidos totais), composição hematológica e bioquímica (glicose e hematócrito) e comportamento. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) do TVEA frente ao TCON e TVEN nas variáveis TBS (26,32°C), UR (60,51%), TGN (26,87°C), ITU (74,68), ITGU (75,71), temperatura de pelame (animal alimentando-se 29,81°C; em estação 31,87°C; deitado 32,11°C; e ingerindo água 31,97°C), FR (38,56 – 47,8 mpm), produção (23,18 L/dia), proteína (3,50), e maiores frequências de animais deitados, alimentando-se e ruminando. O sistema de climatização com ventiladores e aspersores mostrou-se superior e com boa eficiência, e proporcionou melhores condições térmicas aos animais com aumento de 18,75% e 9,96% na produção leiteira frente a ambos os tratamentos. Este tipo de sistema de arrefecimento evaporativo é uma excelente alternativa para diminuição do estresse térmico e melhora da produção em condições com altos desafios térmicos.

Palavras-chave: aspersor, comportamento, produção leiteira, temperatura, ventilador.

ABSTRACT

Heat stress is one of the factors that most affect productivity in dairy cattle in regions of high temperatures, and can cause loss from 25 to 30 %. The search for better thermal conditions in the environment increased significantly, with the intention of providing optimal conditions of animal welfare and also production efficiency. This study aimed to evaluate the thermal stress in the free stall type facilities under different cooling systems. To accomplish that, 31 lactating Holstein cows, black and white were divided into three treatments for a period of ten days, being CG (control group, without any cooling system), FG (exclusive use of fans) and FSG (associated use of fans and sprinklers). The free-stall type facility had 40 beds and it is located in Palotina city, Estate of Paraná. The thermal conditions were determined by: dry bulb temperature (DBT), relative humidity (RH), black globe temperature (BGT), temperature-humidity index (THI) and black globe-humidity index (BGHI). Was recorded respiratory rate, temperature of the skin, milk production, milk composition (protein, lactose, fat and total solids), hematological and biochemical composition (glucose and hematocrit) and behavior. There was a significant difference ($p < 0.05$) of FSG against CG and FG in the variables DBT (26.32 °C), RH (60.51 %), TBG (26.87 °C), THI (74.68), BGHI (75.71), temperature of the skin (animal eating 29.81 °C; standing 31.87 °C, lying down 32.11 °C, and drinking water 31.97 °C), RR (38.56 to 47.8 min⁻¹), production (23.18 L/day) , protein (3.50), and better frequencies of animals lying, eating and ruminating. The cooling system with fans and sprinklers (FSG) provided better thermal conditions for the animals, with an increase in milk production of 18.75 % and 9.96 % when compared with the different treatments (CG and FG). This type of evaporative cooling system is an excellent alternative for reducing heat stress and improves production in regions with high temperature challenges.

Keywords: sprinkler, behavior, milk production, temperature, fan.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Diagrama da instalação <i>free stall</i> com a divisão em seis zonas para otimizar a avaliação do comportamento de vacas de leite submetidas a três diferentes modelos de climatização. Zona 1 – área ao lado do bebedouro; zona 2 – área entre a lateral superior e camas superiores; zona 3 - camas superiores; zona 4 - camas inferiores; zona 5 – área entre as camas inferiores e linha de alimentação; e zona 6 – área da linha de alimentação | 31 |
| Figura 2 - TBS do ambiente interno e externo (°C média) em instalações do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 36 |
| Figura 3 - Umidade relativa do ambiente interno e externo (média) em instalações do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 38 |
| Figura 4 - Temperatura de globo negro do ambiente interno e externo (°C média) em instalações do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 40 |
| Figura 5 - Índice de temperatura e umidade do ambiente interno e externo (média) em instalações do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 42 |
| Figura 6 - Temperatura de pelame durante alimentação (°C média) em instalações do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 46 |
| Figura 7 - Temperatura de pelame do animal em estação (°C média) em instalações do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação..... | 48 |

Figura 8 - Porcentagem dos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D) e ingerindo água (H2O), observados nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação 62

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|---|----|
| Tabela 1 - | Temperatura de bulbo seco (°C média e EPM) observada nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 34 |
| Tabela 2 - | Umidade Relativa do ar (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 37 |
| Tabela 3 - | Temperatura de globo negro (°C média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 39 |
| Tabela 4 - | Índice de temperatura e umidade (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 41 |
| Tabela 5 - | Índice de temperatura de globo e umidade (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 44 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabela 6 - | Temperatura de pelame durante alimentação (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA), em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 45 |
| Tabela 7 - | Temperatura de pelame do animal em estação (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 47 |
| Tabela 8 - | Temperaturas de pelame do animal deitado (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 49 |
| Tabela 9 - | Temperatura de pelame do animal ingerindo água (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 51 |

| | |
|--|----|
| Tabela 10 - Frequências respiratórias (média e EPM) dos animais alimentando-se, animal em pé, deitados e ingerindo água observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 54 |
| Tabela 11 - Produção leiteira e composição do leite (média) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 56 |
| Tabela 12 - Padrão comportamental de vacas leiteiras em lactação alojadas em instalação do tipo <i>free stall</i> e submetidas a sistema de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN), e ventilação associada à aspersão (TVEA): Número de animais e suas frequências, em seus respectivos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D), ingerindo água (IA), ruminando (RUM) e ofegante (OFE); e taxa de ocupação nas camas observados | 58 |
| Tabela 13 - Níveis de glicose plasmática (mg/dl) e hematócrito observados nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo <i>free stall</i> para bovinos leiteiros em lactação | 63 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | | |
|------|---|--|
| FR | - | frequência respiratória |
| FRA | - | frequência respiratória do animal alimentando-se |
| FRAE | - | frequência respiratória do animal em estação |
| FRD | - | frequência respiratória do animal deitado |
| FRIA | - | frequência respiratória do animal ingerindo água |
| ITU | - | índice de temperatura e umidade |
| ITGU | - | índice de temperatura de globo e umidade |
| mpm | - | movimentos por minuto |
| SAE | - | sistema de arrefecimento evaporativo |
| SRAE | - | sistema de resfriamento adiabático evaporativo |
| TBS | - | temperatura de bulbo seco |
| TCON | - | tratamento controle |
| TGN | - | temperatura de globo negro |
| TP | - | temperatura de pelame |
| TPA | - | temperatura de pelame do animal alimentando-se |
| TPAE | - | temperatura de pelame do animal em estação |
| TPD | - | temperatura de pelame do animal deitado |
| TPIA | - | temperatura de pelame do animal ingerindo água |
| TPO | - | temperatura de ponto de orvalho |
| TR | - | temperatura retal |
| TVEA | - | tratamento ventilador e aspersor |
| TVEN | - | tratamento ventilador |
| SAE | - | sistema de arrefecimento evaporativo |
| UR | - | umidade relativa |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 17 |
| 2.1. Climatologia e Estresse térmico | 17 |
| 2.2. Termoneutralidade | 18 |
| 2.3. Respostas fisiológicas | 19 |
| 2.3.1. Frequência respiratória | 20 |
| 2.3.2. Temperatura corporal | 20 |
| 2.3.3. Temperatura de pelame | 21 |
| 2.4. Índices de conforto térmico | 22 |
| 2.4.1. Índice de temperatura e umidade | 23 |
| 2.4.2. Índice de temperatura de globo e umidade | 23 |
| 2.5. Sistemas de climatização e instalações | 24 |
| 2.6. Comportamento e bem-estar animal | 26 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 3.1. Local | 28 |
| 3.2. Animais | 28 |
| 3.3. Delineamento | 29 |
| 3.4. Variáveis | 29 |
| 4. OBJETIVOS E HIPÓTESES | 33 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |
| 5.1. Temperatura de bulbo seco | 34 |
| 5.2. Umidade relativa | 36 |
| 5.3. Temperatura de globo negro | 38 |
| 5.4. Índice de temperatura e umidade | 40 |
| 5.5. Índice de temperatura de globo e umidade | 43 |
| 5.6. Respostas fisiológicas | 44 |
| 5.6.1. Temperatura de pelame | 44 |
| 5.6.1.1. Temperatura de pelame durante alimentação | 45 |
| 5.6.1.2. Temperatura de pelame do animal em estação | 47 |
| 5.6.1.3. Temperatura de pelame do animal deitado | 49 |
| 5.6.1.4. Temperatura de pelame do animal ingerindo água | 50 |
| 5.7. Frequência Respiratória | 51 |
| 5.8. Composição do leite | 55 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 5.9. Comportamento animal | 57 |
| 5.10. Glicemia e Hematócrito..... | 63 |
| 6. CONCLUSÃO | 66 |
| 7. REFERÊNCIAS | 67 |

1. INTRODUÇÃO

O estresse térmico é um dos principais problemas encontrado pelas raças bovinas leiteiras de alta produtividade e é capaz de causar alterações comportamentais e fisiológicas, com decréscimos evidentes na produção e conforto destes animais. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de leite, e suas altas temperaturas devido às características do clima tropical é um dos contratempos na atividade leiteira. A dificuldade existente para se promover conforto térmico e, conseqüentemente, bem-estar aos animais de produção leiteira, reflete diretamente na redução da produtividade.

Uma das maneiras de diminuir os efeitos ambientais térmicos negativos na pecuária leiteira é a utilização de sistemas de resfriamento adiabáticos evaporativos (SRAE) nas instalações, para propiciar melhores condições nas temperaturas ambientes e trocas de calor, com técnicas práticas simples e excelente relação custo/benefício.

A busca pela alta produção e eficiência deve sempre ser alcançada, e um dos pontos chaves para se alcançar este objetivo é melhorar as condições de conforto e investir no bem-estar destes animais.

Avaliar o bem-estar dos animais deve fazer parte do cálculo de custo/benefício da atividade de produção, sendo que algumas vezes deve-se mudar a maneira de trabalho, buscando produtos de alta qualidade, produtividade e proveniente de animais criados com conforto adequado.

A necessidade de estudos para busca de informações das características de funcionamento dos sistemas de resfriamento e respostas comportamentais dos animais é de suma importância para o conhecimento teórico e prático e conseqüente desenvolvimento da atividade.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência produtiva do sistema de arrefecimento evaporativo (SAE) em instalação *de free stall* e o conforto das vacas leiteiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Climatologia e Estresse térmico

O Brasil está entre os principais produtores de leite no cenário mundial e, no ano de 2012, produziu 32,304 bilhões de litros (IBGE, 2012). A atividade leiteira, está entre as principais atividades econômicas do país, gerando tributos, empregos diretos e indiretos e renda (PACHECO et al., 2012).

Cabe observar que cerca de dois terços do país está na faixa tropical do planeta, com alta incidência de radiação solar e temperaturas do ar elevadas ao longo do ano (NÄÄS & JUNIOR, 2001). A relação entre os elementos climáticos e o animal são foco da bioclimatologia, que ainda visa oferecer condições ambientais capazes de permitir a expressão plena do genótipo e a obtenção de conforto fisiológico, fundamentando-se no conhecimento do clima e seus efeitos e limitações sobre a exploração racional dos animais (PEREIRA, 2005).

Mudanças no ambiente podem levar os animais a desequilíbrios com o meio e esta resposta ocorre de forma individual. O estresse pode ser entendido como uma resposta coordenada do organismo a agentes estressores que leva à secreção de vários hormônios e causa alterações no comportamento e nas funções orgânicas (CARRASCO & VAN DE KAR, 2003).

O conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e manifestação através das respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas são fundamentais para a adequação das práticas de manejo, dos sistemas de produção, possibilitando dar-lhes maior sustentabilidade e viabilidade econômica (NEIVA et al., 2004).

Um ambiente estressante provoca inúmeras respostas, dependendo da capacidade do animal em adaptar-se. Em determinadas situações ambientais, o animal pode manter todas as funções vitais (manutenção, reprodução e produção) e, em outras, estabelece prioridades. É importante mencionar que a função vital prioritária do animal é a manutenção (sobrevivência), mas todas as funções são suprimidas à medida que o ambiente torna-se mais hostil (MULLER, 1989).

Como resposta ao estresse térmico, os animais reagem com mudanças fisiológicas e comportamentais (BAËTA et al., 1998). O principal fator responsável

pelo decréscimo na produção de leite em condições de estresse é o consumo de alimentos (HUBER, 1995).

O estresse térmico, em termos de ambiente, pode ser definido como a força exercida sobre um organismo, causando nele uma reação fisiológica proporcional à intensidade da força aplicada e à capacidade do organismo em compensar os desvios causados pela força (SILVA, 2000). O estresse térmico é influenciado pela temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, vento, temperatura corporal e intensidade/duração do agente estressor, podendo resultar em decréscimos produtivos e distúrbios reprodutivos (PERISSINOTTO, 2003).

A resposta do animal a um evento estressante compreende três componentes principais: o reconhecimento da ameaça à homeostase ou ao bem estar, a resposta e as consequências do estresse (MATARAZZO, 2004). A intensidade e duração do agente estressor que atuam sobre o animal desencadeia alterações fisiológicas, imunológicas e comportamentais. As respostas de adaptação permitem que a função normal continue, entretanto, quando os limites são ultrapassados, a função é prejudicada, afetando a sanidade e o desempenho produtivo e reprodutivo (HAHN, 1993).

2.2. Termoneutralidade

Os bovinos são homeotérmicos, ou seja, são animais cuja temperatura deve se manter dentro de limites estreitos ao longo de 24 horas do dia. No caso de bovinos, a temperatura corporal fica ao redor de 38,5 °C independente das variações da temperatura ambiente, embora haja leve variação durante o dia, sendo mais alta no final da tarde e no início da noite, quando pode alcançar 40 °C. Também há variação dependendo do ciclo estral e das estações do ano (HEAD, 1995; DAMASCENO, 1998). Segundo Pereira (2005) a zona de conforto térmico corresponde aos limites de temperatura em que o animal encontra-se com ótimo desempenho produtivo, sem fazer uso de termorregulação para ajustar-se às condições ambientais.

A faixa de conforto de temperatura ambiente para a maioria dos bovinos varia de 13 a 18 °C, sendo que para vacas em lactação o melhor seria entre 4 e 24 °C, podendo ser restringidas essas faixas aos limites de 7 a 21 °C, em função da umidade relativa e da radiação solar. Estas temperaturas ótimas podem ser variáveis conforme a raça leiteira, espécie e grau de tolerância ao calor e frio (NÄÄS, 1989).

Para que a temperatura mantenha-se dentro da faixa fisiológica esperada para a espécie, deve haver equilíbrio entre a termogênese (produção de calor) e a termólise (perda de calor). Tais processos são regulados pela modulação da termogênese e pela intensificação de diferentes mecanismos de termólise, ativados principalmente a partir das variações da temperatura do ar (BARBOSA et al., 2004).

O animal perde calor através de duas formas: sensível (não evaporativo) e insensível (evaporativo). A forma sensível de perda de calor ocorre por meio de radiação, condução e convecção; e acarreta alterações na temperatura ambiente. O aumento gradativo da temperatura do meio dificulta a dissipação de calor da forma sensível, sendo necessária então a ativação de outros mecanismos como a sudorese e o aumento da frequência respiratória. Esses dois fatores constituem os meios de perda de calor de forma insensível, que é influenciada pela umidade, ou seja, quanto maior a umidade relativa do ar a altas temperaturas, menos eficiente é a dissipação de calor (SOUZA e BATISTA, 2012). As perdas de calor por convecção e por radiação dependem da diferença de temperatura entre a superfície do animal e do seu ambiente.

A vasodilatação é um dos principais meios de perda de calor, pois aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele, no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir, o animal passa a depender da perda de calor por evaporação através da respiração e ou sudorese (SOUZA et al., 2010).

Para expressarem todo o seu potencial genético produtivo, e produzirem adequadamente, os animais devem estar em condições de termoneutralidade. As condições climáticas exercem forte influência sobre o desempenho animal, por afetar os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico entre o animal e o meio (DIAS e SILVA & JUNIOR, 2013).

2.3. Respostas fisiológicas

Os mecanismos adaptativos fisiológicos são muito importantes no controle da temperatura corporal. Uma forma de avaliar as respostas dos animais ao ambiente térmico é por meio da observação de alguns parâmetros fisiológicos, como a temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR) (PERISSINOTTO et al., 2009).

2.3.1. Frequência respiratória

A frequência respiratória (FR) é um meio de perda de calor do corpo por evaporação. A taquipneia é o primeiro sinal visível como resposta ao estresse pelo calor, embora se situe em terceiro lugar na sequência dos mecanismos de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente (BACCARI JR, 2001).

Os valores médios normais em bovinos adultos variam entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto, com amplitudes de 12 até 36 mov/min (FERREIRA et al., 2006). O aumento a partir de 120 mov/min reflete carga excessiva de calor, e, acima de 160 mov/min, é preciso agir e medidas devem ser tomadas para reduzir a carga de calor (HAHN & MADER, 1997).

A compensação da respiração é um excelente mecanismo de perda de calor, quando exigido por longos períodos faz com que a pressão arterial de CO₂ esteja diminuída e ocasione alcalose respiratória (FREITAS et al., 2010). Além deste sinal o animal pode diminuir sua ingestão matéria seca e ruminação como consequência do estresse térmico (NRC, 2001).

2.3.2. Temperatura corporal

A manutenção da temperatura corporal é determinada pelo equilíbrio entre a perda e o ganho de calor (FERREIRA et al., 2006). A temperatura corporal é um evento biológico de recorrência periódica, ritmo este que repete ao longo do dia e interage diretamente com a hora e temperatura ambiente (MATARAZZO, 2004).

Fatores intrínsecos como (idade, raça, estado fisiológico) e fatores extrínsecos como hora do dia, ingestão de alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento, estação do ano podem estar relacionados com a temperatura corporal e também com a frequência respiratória (PERISSINOTTO et al., 2009).

A adaptação do animal ao ambiente é um dos fatores intrínsecos de maior relevância, sendo este de característica individual de cada animal. Durante intervalo normal de controle de temperatura corporal, o animal troca calor com ambiente. Temperaturas acima de 21 °C, o animal perde calor principalmente devido à evaporação de umidade da superfície do corpo e dos pulmões. Quando a temperatura ambiente excede 32 °C, mais de 85 % do total de dissipação de calor é realizado pela

vaporização de água da superfície do corpo dos pulmões (AVENDAÑO-REYES et al., 2010).

A temperatura retal média para bovinos com mais de um ano de idade é de $38,5 \pm 1,5$ °C (KOLB, 1987), que é mantida mediante regulação cuidadosa do equilíbrio entre a formação de calor e sua liberação pelo organismo.

O sistema de resfriamento evaporativo em sistemas de sombreamento artificial permitiu que, os animais que estavam no sistema apresentassem as melhores temperaturas retal em torno de 37,09 °C, evidenciando a importância e a eficiência destes sistemas na redução dos efeitos do estresse térmico nos parâmetros fisiológicos (NÄÄS & JUNIOR et al., 2001).

2.3.3. Temperatura de pelame

O pelame representa a fronteira entre o ambiente e o corpo dos animais, e influencia diretamente as trocas térmicas (FAÇANHA et al., 2010). A superfície corporal dos animais apresenta variações nas temperaturas, devido à região anatômica e as influências do ambiente externo (MEDEIROS & VIEIRA, 1997).

A troca de calor que ocorre na pele deve-se à diferença entre o gradiente de temperatura do ar e a mesma. A temperatura de pelame depende principalmente das condições ambientais de umidade, temperatura do ar, vento e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor (NASCIMENTO et al., 2013).

A temperatura de superfície abaixo de 35 °C é o suficiente para que haja trocas térmicas, pois o gradiente entre o pelame e o organismo é grande o bastante para possibilitar perdas de calor entre o núcleo corporal e o pelame, utilizando-se da condução como mecanismo eficiente de troca (COLLIER et al. 2006).

A alteração da circulação sanguínea faz o redirecionamento do fluxo sanguíneo para a superfície corporal, pela vasodilatação, aumenta a temperatura da superfície do animal e facilita a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos (condução, convecção e radiação) (HABEEB et al., 1992).

Almeida (2011) observou que o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) com tempos controlados de climatização na pré-ordenha de vacas da raça girolando promoveu as melhores temperaturas de pelame. Esta diminuição da temperatura de superfície é decorrente da troca de calor latente e condução da

superfície corporal para água, que posteriormente será evaporada (SOUZA & BATISTA, 2012).

2.4. Índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico foram criados para possibilitar a quantificação de zonas de conforto térmico, apresentados em uma única variável. Estas mensurações caracterizam os fatores envolvidos tanto no ambiente térmico ao animal, como as respostas ao estresse que o mesmo tenha, e auxilia a determinar os fatores ambientais importantes na adequação e desenvolvimento de atividades (PERISSINOTTO, 2003).

As repostas dos animais ao estresse calórico são de ordem comportamental e fisiológica, e são espécies específicas (BAÊTA & SOUZA, 1997). Beede & Collier (1986) ressaltam a importância de minimizar o problema do estresse pelo calor em vacas leiteiras com a seleção genética de animais menos sensíveis às altas temperaturas.

Os índices de temperatura e de umidade do ar têm sido adotados para avaliar o impacto ambiental sobre os bovinos, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a habilidade dos animais em dissipar calor (WEST, 1999). As inúmeras variáveis diretas e indiretas devem ser levadas em consideração nas repostas dos animais, tanto comportamentais quanto fisiológicas, como o sistema de criação, a fase de desenvolvimento, região climática, alimentação e condições de conforto térmico. O conhecimento da interação dos animais e manifestação das respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas são fundamentais para a adequação e desenvolvimento do sistema produtivo (NEIVA et al., 2004).

De acordo com Nääs et al. (1998) os índices de conforto podem ser classificados de acordo com a maneira os quais foram desenvolvidos, sendo que índices biofísicos baseiam-se: nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam; índices fisiológicos baseiam-se nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar; e os índices subjetivos têm por base as: sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

2.4.1. Índice de temperatura e umidade

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi desenvolvido por Thom em 1959 com a finalidade de mensurar a sensação térmica em humanos por variáveis psicrométricas, temperaturas e umidades relativas do ar diferentes (PERISSINOTTO et al., 2009). Com o avanço das pesquisas foi possível evidenciar que as mesmas variáveis meteorológicas causam desconforto térmico nos animais de produção, sendo que se observaram quedas significativas na produção de leite associadas ao aumento no valor de ITU (JOHNSON et al., 1962; CARGILL & STEWART, 1966; HAHN et al., 1985).

A equação para o cálculo deste índice é representada por BACCARI et al., 1983:

$$ITU = Tbs + (0,36 * Tpo) + 41,2$$

onde:

Tbs – temperatura de bulbo seco, em °C

Tpo – temperatura de ponto de orvalho, em °C

Existem inúmeras avaliações controversas sobre a classificação dos valores de ITU. De acordo com Rosenberg et al. (1983), as faixas de amplitudes são: entre 75 e 78 indica alerta (medidas devem ser tomadas para evitar perdas); 79 a 83 significa perigo (medidas de segurança devem ser necessárias para evitar perdas desastrosas); e superior a 84 expressa emergência (atitudes urgentes devem ser realizadas). Por outro lado, Johnson (1987), considera 72 a 79 como estresse ameno; 81 a 89 como moderado; e entre 92 e 98 como severo.

2.4.2. Índice de temperatura de globo e umidade

Nos países de clima tropical a radiação e suas trocas térmicas possuem grande importância e influência nos animais, com isso Buffington et al. (1981), modificaram e desenvolveram o índice de globo e umidade (ITGU), em inglês denominado *Black Globe-Humidity Index* (BGHI), inserindo a temperatura de globo negro (Tgn) no lugar da Tbs na equação de ITU, conforme segue:

$$ITGU = Tgn + (0,36 * Tpo) + 41,5$$

em que:

T_{gn} – temperatura de termômetro de globo negro, em °C

T_{po} – temperatura do ponto de orvalho, em °C

O ITGU é um indicador com melhor acurácia do conforto e produção do que o ITU, em condições de estresse calórico e animais expostos à radiação solar direta e indireta (BUFFINGTON et al., 1981). À sombra, sob estresse moderado, os dois índices de ITU e ITGU apresentaram correlação similar com a produção de leite, mas durante ambientes de estresse severo pelo calor o ITGU foi o índice que evidenciou mais o fato, sendo considerado um indicador mais preciso do conforto térmico animal (FILHO et al., 2013).

Segundo o National Weather Service – USA, os valores de ITGU e seus confortos térmicos são: até 74 animal em conforto, 74 a 79 indica alerta, 79 a 84 significa perigo, e acima de 84 emergência. Classificação a qual é muito similar, mas não tão controversa quanto a de ITU (BAÊTA, 1985).

O ambiente em que os animais estão submetidos pode ser classificado pelos índices bioclimáticos, que têm por objetivo expressar o conforto que o animal possui em determinadas condições (AVILA et al., 2013). Além de uma avaliação criteriosa das respostas fisiológicas e comportamentais, permite mensurar o estresse e o conforto térmico de cada animal.

2.5. Sistemas de climatização e instalações

As instalações têm papel fundamental no conforto térmico dos animais, sendo que o conhecimento dos materiais e equipamentos a serem utilizados e sua relação com o meio ambiente é imprescindível no sucesso da atividade. O manejo de ambiente atualmente é uma das maneiras de se estimular o melhor conforto ao animal. Este manejo tem o sentido de melhorar as condições de conforto do animal em função da influência das variáveis climáticas, prejudicando ou favorecendo o desempenho do animal (BAÊTA & SOUZA, 1997).

Os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) possuem grande aplicabilidade prática no intuito de reduzir a temperatura nas instalações por meio de aspersão, nebulização e microaspersão. O resfriamento evaporativo é um processo de saturação adiabático, com aumento da umidade relativa do ar e decréscimo na

temperatura do ar. O ar não saturado, em contato com a superfície líquida livremente exposta, promove troca simultânea de calor e da massa. A pressão de vapor de água da superfície é maior que a do ar insaturado, ocorrendo vaporização de água. O calor necessário para a mudança é oriundo do calor sensível do ar e da água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos (CAMPOS, 2003).

A mudança do estado líquido para o gasoso faz com que a água retire do ambiente aproximadamente 584 kcal para cada kg de água evaporada (SILVA, 1998). Acredita-se que os sistemas SRAE sejam mais eficientes em climas quentes e secos. Nas regiões úmidas é preciso redobrar os cuidados para se obter resultados satisfatórios.

O diâmetro da gota e a pressão de trabalho são as diferenças básicas entre os sistemas de nebulização (“*misting*” ou “*fogging*”) e aspersão (“*sprinkling*”). A nebulização apresenta a principal vantagem no número de gotículas inseridas no ambiente, o que faz com que aumente a área de contato substancialmente e como consequência melhora na temperatura do ar pela perda de calor sensível (ARMSTRONG, 1994).

Em regiões que apresentam temperaturas e umidades elevadas, o ar estará saturado inibindo a evaporação de água. Todavia, a existência de poucas pesquisas com os aspersores nestas regiões ainda deixa dúvidas sobre a aplicabilidade e funcionalidade dos aspersores.

Devido ao tamanho das gotas, os aspersores não permitem o mesmo nível de resfriamento do ar como a nebulização, mas é capaz de umedecer os pelos e pele dos animais. Em momentos de temperaturas críticas, a movimentação do ar pelos ventiladores não é eficiente na perda de calor e no resfriamento (NÄÄS & JUNIOR, 2001).

A perda de calor por meios insensíveis facilita a aplicação de água na superfície corporal do animal, pois favorece a troca entre o pelame e o ambiente. A capacidade de perda de calor aumenta neste tipo de sistema por meio da evaporação e resfriamento e possibilita a troca de calor mais eficiente. O uso de aspersores melhora os resultados na produção de leite, consumo de alimentos, temperatura retal, temperatura do leite e frequência respiratória (BUCKLIN et al., 1998).

A ventilação forçada permite a funcionalidade de ambos os tipos de sistemas utilizados, pois ocorre a evaporação de água com maior eficiência, além da perda de calor pela convecção (PERISSINOTTO et al., 2007).

2.6. Comportamento e bem-estar animal

O comportamento animal é uma resposta adaptativa do animal ao ambiente em que o mesmo está inserido, incluindo as condições climáticas e ambientais, sendo assim as suas respostas podem estar diminuídas ou aumentadas de acordo com as mudanças e condições ambientais (MATARAZZO, 2004).

Alterações de comportamento ocorrem com o objetivo de reduzir a produção de calor ou promover a sua perda, evitando adicional de calor corporal. Essas alterações referem-se à mudança do padrão usual de postura, movimentação e ingestão de alimentos (LEME et al., 2005).

O comportamento do animal está intimamente ligado ao seu bem-estar. A definição de bem-estar animal é muito complexa e vai além das interpretações pessoais de cada indivíduo, mas ele pode ser definido como momento de um indivíduo onde não existam problemas para serem resolvidos, onde este indivíduo encontra-se com bons sentimentos, indicativos de bons parâmetros fisiológicos e do comportamento (BROOM & MOLENTO, 2002).

A extensão das mudanças de comportamento em condições de estresse calórico, são pouco evidentes, algumas delas como a ingestão de alimentos e água, postura e movimentação são importantes mecanismos adaptativos para reduzir o efeito do calor (PIRES et al., 2000). As atividades exercidas ao longo do dia são caracterizadas basicamente por três comportamentos muito evidentes: alimentação, ruminação e ócio; suas durações e distribuições serão afetadas e influenciadas por características de dieta, manejo, condições climáticas e atividade dos animais do grupo (FISCHER et al., 1997).

A produção animal, ponto chave dos sistemas atuais, é um dos fatores de maior influência no aumento de estresse térmico, pois quanto maior a produtividade do animal, maior será a sua taxa metabólica, e conseqüentemente sua sensibilidade ao estresse pelo calor mais elevada (MARCHETTO et al., 2002). Temperaturas ambientes acima de 26 °C para vacas em lactação já estão fora da zona de

termoneutralidade (HUBER, 1990) e o primeiro sinal de desconforto é a diminuição da ingestão de matéria seca.

De acordo com Silva et al. (2000) o mecanismo fisiológico evaporativo é o mais eficaz na termólise em ambientes tropicais. Além do aumento da frequência respiratória, os animais se utilizam de várias mudanças para dissipação de calor, como deitarem-se com os membros esticados para aumentarem a sua área de contato, diminuição de suas atividades físicas, e mudança do seu posicionamento em relação à incidência de radiação solar.

A diversidade dos comportamentos que os animais apresentam, ainda é uma dificuldade na interpretação e busca de condições ideais de produção e bem-estar animal. A promoção de um ambiente de bem-estar, sendo ao mesmo tempo adequado, confortável e produtivo, é de responsabilidade do homem (CERQUEIRA et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O presente trabalho foi realizado no município de Palotina, na região Oeste do Estado do Paraná, localizado no Terceiro Planalto Paranaense. O município tem área total de 651 km², fica a 310 m de altitude e localiza-se em latitude 24°18' S, longitude 53°55' W. O clima caracteriza-se do tipo Cfa ou subtropical úmido (classificação segundo Köppen), com verões quentes e invernos frios ou amenos, e temperaturas médias anuais entre 17 e 19 °C. Os índices pluviométricos anuais variam entre 1.200 e 2.000 mm, distribuídos ao longo do ano (IAPAR, 2006).

3.2. Animais

Foram utilizados 31 animais da Raça Holandesa preto e branco, fêmeas, multíparas, em lactação, com peso médio de 600 kg, escore corporal entre 3 e 3,5 e produção média de 24 kg de leite por dia. A instalação, do tipo *free stall*, apresentava 35 m de comprimento e 20 m de largura, orientação do posicionamento leste-oeste, pé-direito central de 12 m, corredor central de 4 m, laterais abertas, telhado do tipo duas águas com cobertura de telhas metálicas, sistema de lanternim vazado, e piso concretado com ranhuras.

Os animais foram mantidos no sistema do tipo *free stall*, com 40 camas individualizadas de material emborrachado picado e ensacado. Realizava-se cobertura mínima com pó de serra nas baias diariamente para retirada da umidade e melhora do conforto. A linha de alimentação percorria toda extensão da instalação, com dois bebedouros e capacidade de 0,25 m³, localizados nas laterais.

O manejo alimentar durante a fase experimental incluiu três refeições diárias (07h30min, 11h00min e 18h00min) composta basicamente por silagem de milho, feno de Tifton 85, caroço de algodão e concentrado.

3.3. Delineamento

O período experimental teve a duração de 30 dias, divididos em três tratamentos de climatização de 10 dias cada (D0 a D9 de cada tratamento), a saber: TCON/tratamento controle (nenhum sistema de climatização), TVEN/tratamento ventilador (uso do ventilador) e TVEA/tratamento ventilador e aspersor (uso de ventilador e de aspersor, com intermitência de 10 min). Os cinco primeiros dias de cada tratamento foram destinados à adaptação (D0 a D4) e os cinco dias restantes utilizados efetivamente para coleta de dados (D5 a D9). Todos os animais foram submetidos aos três tratamentos.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com parcela sub-dividida, considerando os grupos e as climatizações adotadas nos tratamentos. Para as variáveis qualitativas do leite, os animais foram considerados como as repetições e os dias de coleta as parcelas. Nas variáveis meteorológicas, os dias foram considerados as repetições e os horários as parcelas.

3.4. Variáveis

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia (05h00min e 16h30min) e durante todo o estudo houve registro da produção. Nos dias de coleta de dados, também foram colhidas amostras individuais do leite, que foram acrescidas do conservante 2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol¹, acondicionadas em frascos padronizados de 70 ml e mantidas refrigeradas abaixo de 5 °C. Tais amostras foram encaminhadas para a Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), para avaliação da porcentagem de gordura, proteína, lactose e sólidos totais por meio da leitura de absorção infravermelha utilizando-se o equipamento automatizado²; e foi realizada a contagem de células somáticas totais por meio de citometria de fluxo³.

O sistema de climatização foi colocado 2 m acima da linha de alimentação, e constituído por tubo PVC, com espaçamento de 1m entre cada uma das saídas de água. A vazão foi de um litro por aspersor a cada intermitência. Havia 27 aspersores,

¹ Bronopol®, D & F Control Systems, Dublin, USA.

² Bentley 2000®, Bentley Instruments, Chaska, MN, EUA.

³ Somacount 500®, Bentley Instruments, Chaska, MN, EUA.

o que totalizou 162 L/h. Foram utilizados seis ventiladores de 0,5 CV e capacidade de produzir movimentação de ar de até 3 m/s que foram colocados na linha de alimentação e na linha das camas, a 2 m de altura, a intervalos de 9,5 m.

Para avaliação do conforto térmico dos animais, às 8h00min, 10h00min, 12h00min, 14h00min e 16h00min nos cinco dias de coleta de dados de cada tratamento, aferiu-se a temperatura do bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR), temperatura de globo negro (TGN), temperatura de ponto de orvalho (TPO) e temperatura do bulbo úmido (TBU), tanto no interior quanto no exterior das instalações. Para tanto utilizou de termohigrômetro com bulbo úmido e ponto de orvalho⁴, termômetro de globo negro⁵ e termômetro infravermelho com mira laser⁶.

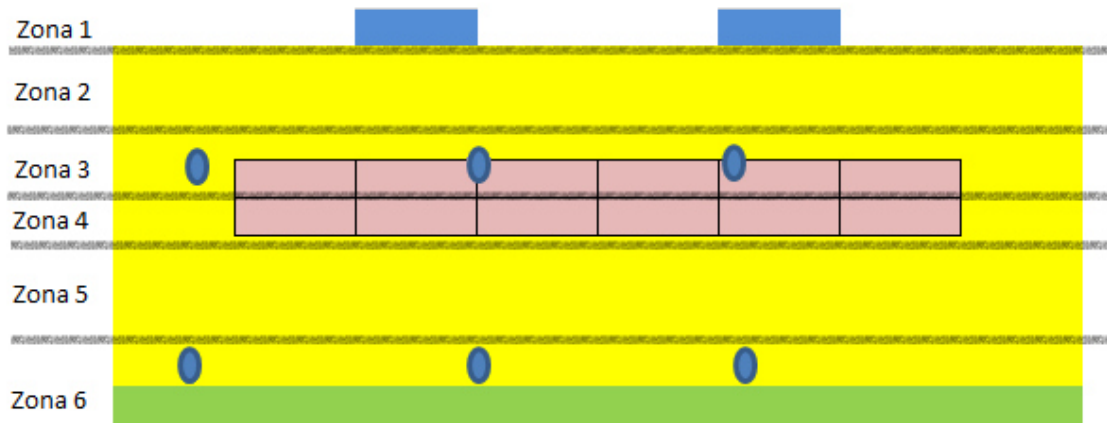
Para analisar o comportamento dos animais foi criado um diagrama (Figura 1) dividindo as instalações em zonas para melhorar a análise do padrão comportamental. Tais zonas foram: zona 1 – área ao lado do bebedouro; zona 2 – área entre a lateral superior e camas superiores; zona 3 - camas superiores; zona 4 - camas inferiores; zona 5 – área entre as camas inferiores e linha de alimentação; e zona 6 – área da linha de alimentação. O comportamento animal foi avaliado conforme o posicionamento na instalação (zonas) e a atividade comportamental no momento da avaliação, animal alimentando-se (A), em estação (EE), deitado (D) e ingerindo água (H₂O); nos mesmo horários das outras variáveis mensuradas, e avaliações similares a outros autores (DAMASCENO et al., 1999; LEME et al., 2005; ALMEIDA et al., 2013).

Ainda nos mesmos momentos de coleta das variáveis meteorológicas, foram aferidos: frequência respiratória, mediante a contagem na movimentação do gradil costal durante 15 segundos e posterior multiplicação para obtenção da movimentação por minuto (mpm); e média da temperatura de superfície pelame (TP), por meio do uso de um termômetro infravermelho direcionado para o dorso, cabeça, terço médio do membro torácico e úbere.

⁴ Akso AKB24, AKSO, Porto Alegre, RS, Brasil

⁵ Akso WBGT8778, AKSO, Porto Alegre, RS, Brasil

⁶ Akso, AK32, AKSO, Porto Alegre, RS, Brasil



Figuras retangulares azuis (zona 1): bebedouros; figuras circulares azuis (zona 3 e 6): ventiladores.

Figura 1. Diagrama da instalação *free stall* com a divisão em seis zonas para otimizar a avaliação do comportamento de vacas de leite submetidas a três diferentes modelos de climatização. Zona 1 – área ao lado do bebedouro; zona 2 – área entre a lateral superior e camas superiores; zona 3 - camas superiores; zona 4 - camas inferiores; zona 5 – área entre as camas inferiores e linha de alimentação; e zona 6 – área da linha de alimentação.

Por fim, nos dias D4 e D9 de cada tratamento, oito animais foram aleatoriamente selecionados para coleta de 4 mL de sangue da veia coccígea, que foi adequadamente acondicionado sob refrigeração por até 2 horas, quando se mensurou glicemia e hematócrito. O nível glicêmico sérico era mensurado por reações enzimáticas calorimétricas, as amostras foram centrifugadas, onde separava-se o soro. Em tubo de ensaio pequeno era acrescido 1000 μ L de reagente e 100 μ L de soro, e posterior leitura em fotômetro com capacidade de medição de absorvância. O hematócrito foi determinado a partir de uma micro-centrífuga, em tubos capilares durante 10 minutos, com a respectiva amostra de cada animal. Após a centrifugação, a altura da coluna de sangue no capilar era lida em cartão de leitura de hematócrito (MARTINS et al., 2007).

Para realizar os níveis glicêmicos e hematócritos foi feita uma sub-amostragem dos animais em seus comportamentos durante as mesmas avaliações, onde coletaram apenas de 2 animais de seus respectivos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitado (D) e ingestão de água (IA).

Todos os resultados foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se do programa estatístico SAS⁷ (1992).

⁷ *Statistical Analysis System, SAS Inc., Cary, North Caroline, USA.*

4. OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo geral deste trabalho é estudar e ampliar a compreensão e eficiência do sistema de arrefecimento evaporativo (SAE) em regiões climáticas com incidência de altas temperaturas e umidades relativas do ar.

A pesquisa permitirá explorar objetivos específicos como:

- Avaliar as condições termohigrométricas entre os sistemas climáticos;
- Verificar as respostas fisiológicas dos animais sob diferentes sistemas de climatização;
- Analisar a produção e composição física leiteira;
- Analisar e mensurar o estresse térmico;
- Avaliar o comportamento e bem-estar proporcionado aos animais.

A hipótese deste estudo é de que o sistema com climatização por aspersão e ventiladores proporciona melhor ambiente térmico para os animais confinados em sistema *free stall*; proporcionando melhores parâmetros fisiológicos, produtivos e climáticos, com conforto e bem-estar adequados aos animais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Temperatura de bulbo seco

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos de temperatura de bulbo seco (TBS), ou temperatura ambiente, nos respectivos horários e tratamentos. Foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para TBS, sendo os valores médios totais encontrados de 28,86, 23,44 e 26,32 °C nos respectivos tratamentos (TCON, TVEN e TVEA), sem diferença significativa para a interação tratamento x horário. Durante o TVEN ocorreu alta incidência de chuva, em alguns dias de coleta de dados, o que fez com que a TBS fica-se bem abaixo dos outros tratamentos, em decorrência destes altos índices pluviométricos.

TABELA 1. Temperatura de bulbo seco (°C média e EPM) observada nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média | EPM |
|----------|--------|--------|--------|---------|------|
| 8h00min | 23,70 | 20,51 | 18,88 | 21,03c | 0,84 |
| 10h00min | 27,83 | 23,12 | 25,49 | 25,48b | 0,72 |
| 12h00min | 30,03 | 23,69 | 27,80 | 27,17ab | 0,95 |
| 14h00min | 31,73 | 25,82 | 29,99 | 29,42a | 0,91 |
| 16h00min | 31,03 | 24,83 | 29,42 | 28,68a | 0,92 |
| Média | 28,86a | 23,44c | 26,32b | 26,28 | |
| EPM | 0,77 | 0,62 | 0,90 | 0,51 | |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna ou na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A TBS do grupo controle foi a mais elevada dentre os mesmos. Está ocorrência deve-se aos dias mais quentes neste período e também a não utilização de nenhum sistema de climatização, como no TVEN e TVEA. O sistema de climatização por aspersores pode ter possibilitado interferências nas condições internas e no microclima da instalação, mesmo sendo partículas de tamanhos elevados, o que diminui assim a sua área de contato e dificulta a refrigeração do ambiente. A intermitência utilizada no tratamento, um minuto ligado e nove minutos desligado,

conjuntamente com ventilação forçada pode melhorar as perdas de calor sensível e latente, resultando no decréscimo significativo da temperatura ambiente encontrada.

Vários autores relatam diferentes temperaturas críticas limites para animais em lactação e sua interferência no conforto térmico. Nääs (1989) ressalta a faixa confortável de temperaturas entre 4 e 24 °C para vacas lactantes, já Pires e Campos (2005), mencionam a temperatura crítica limite para gado europeu sendo de 25 a 27 °C. Analisando as médias alcançadas ao longo do dia, entre os tratamentos, apenas às 8h00min do TCON, TVEA e todos os horários do TVEN (exceto 14h00min) as temperaturas ficaram dentro do limite de temperatura crítica neste experimento. As outras temperaturas ambientes encontradas mostram que suas elevações foram muito a quem do ótimo, e interferiram no conforto térmico dos animais diminuindo o seu desenvolvimento produtivo (Figura 2).

A média de temperatura ambiente máxima foi às 14h00min em todos os tratamentos (31,73 °C/TCON, 25,82 °C/TVEN e 29,99 °C/TVEA). Isto ocorre pois são os intervalos do dia onde a temperatura e a incidência de radiação são as mais elevadas, momento destacado pela não ocorrência de diferença significativa entre as médias totais nos tempos 14h00min e 16h00min. Cecchin et al. (2014) em trabalho de comportamento dos animais em diferentes camas no *free stall*, obtiveram os maiores valores de temperatura ambiente entre os períodos de 15h00min e 16h00min, durante o verão, da mesma forma como foi observado no presente estudo.

As temperaturas médias encontradas ao longo do dia foram crescentes e muito similares com outros trabalhos, e corrobora Souza et al. (2010) e Almeida et al. (2011); no período vespertino, das 12h00min até 16h00min no TVEA frente ao TCON, ocorreu uma diferença de 2,23; 1,74 e 1,61 °C nos respectivos horários. A redução significativa mostra a eficiência do tratamento nesta variável, com melhores condições térmicas aos animais no interior das instalações, diminuindo as TBS encontradas para o TVEA.

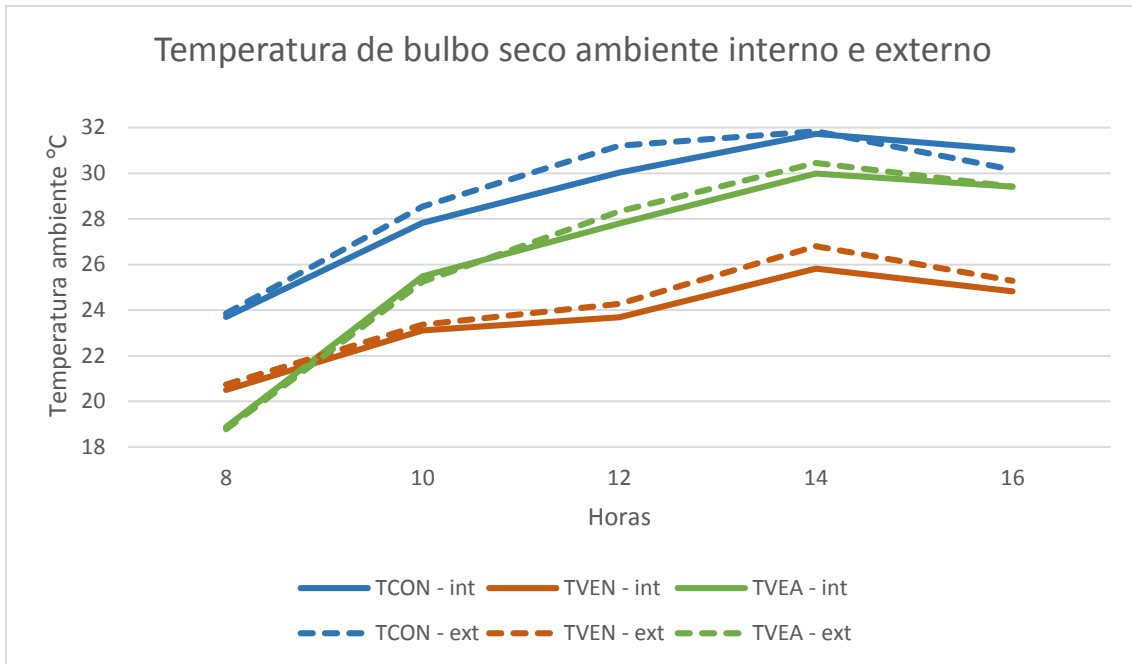


Figura 2. TBS do ambiente interno e externo ($^{\circ}\text{C}$ média) em instalações do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação.

A temperatura ambiente é um dos maiores problemas na questão de estresse térmico, pois na grande parte das regiões produtoras de leite tem-se ao longo do ano altas temperaturas e condições climáticas muito desfavoráveis para adequação do conforto térmico dos animais neste tipo de instalações. Por isso o melhorando as instalações e técnicas climáticas de resfriamento pode-se proporcionar condições confortáveis e adequadas para garantir um bem-estar a produção animal leiteira.

5.2. Umidade relativa

Ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos e horários nas médias da variável umidade relativa (UR) (Tabela 2). O tratamento TVEN apresentou os maiores índices de umidade, corroborando os altos índices de chuvas verificados neste grupo durante a pesquisa.

O TVEA foi o que apresentou as melhores médias de UR ao longo dos dias, isto evidencia o efeito positivo que ocorre pelo sistema de climatização, pois ele não satura o ar devido a evaporação. O vapor d'água, ao contrário dos sistemas de nebulização utilizados, possuem partículas de água com tamanhos pequenos e

podem elevar esta saturação na UR, devido a produção de vapor d'água (PERISSIONOTTO et al., 2006).

Uma das maneiras de refrigeração do ambiente nos animais em lactação é a utilização da água, sendo que no limite aproximado de 70 % UR este elemento possui alta capacidade calorífica e elevado calor latente de vaporização (NÄÄS & JUNIOR, 2001). A perda de calor por convecção de ar conjuntamente com o uso do resfriamento evaporativo pode estender-se até um limite máximo de 75 % de umidade relativa (BERMAN, 1985). De acordo com Sota (1996), o ar saturado irá inibir a evaporação da água pela pele e sistema respiratório, proporcionando um ambiente ainda mais estressante para o animal.

Em nenhum dos momentos ao longo do TVEA observou-se UR superiores a 62,61 %, exceto às 8h00min com 83,32 %. Estas umidades encontradas favorecem a utilização dos SAE, como o caso dos aspersores, onde aplica-se técnicas de perda de calor tanto sensível quanto insensível, direta e indiretamente.

É possível visualizar (Figura 3) que em 53,3 % dos horários, a UR estava acima do limite considerado crítico e que possa inibir a perda de calor insensível devido a elevação na umidade. Nos horários mais críticos de temperaturas, as 14h00min e 16h00min, apenas no TVEN ocorreram UR acima dos limites críticos, quando há prejuízo à dissipação insensível, ou seja, evaporação pela respiração e pele.

TABELA 2. Umidade relativa do ar (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média | EPM |
|----------|--------|--------------------|--------|---------|------|
| 8h00min | 89,73 | 88,64 | 83,32 | 87,23a | 1,14 |
| 10h00min | 76,84 | 79,71 | 62,61 | 73,05b | 2,71 |
| 12h00min | 68,59 | 77,77 | 55,50 | 67,29bc | 3,43 |
| 14h00min | 64,24 | 75,15 | 50,01 | 62,28bc | 3,49 |
| 16h00min | 67,90 | 78,59 | 51,24 | 65,01c | 4,07 |
| Média | 73,46b | 80,24 ^a | 60,53c | 71,17 | |
| EPM | 2,36 | 1,60 | 3,21 | 1,72 | |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna ou linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Estas UR nos tratamentos foram muito similares tanto no ambiente interno quanto externo, vale ressaltar as altas umidades no grupo TVEN, devido às chuvas ocorridas em determinados dias.

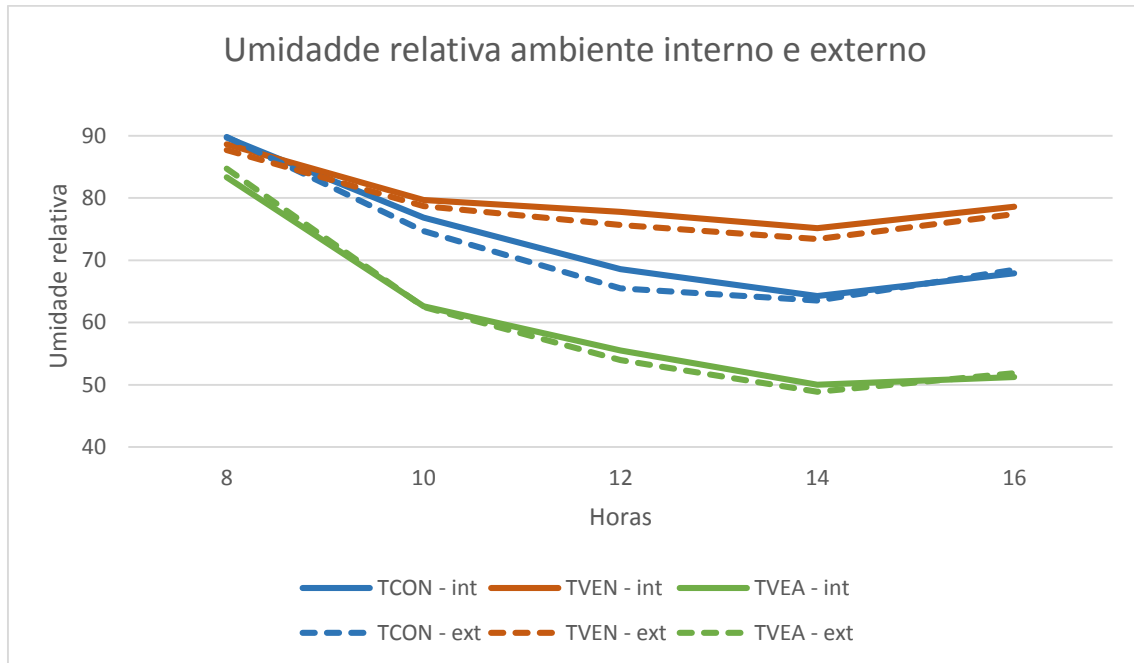


Figura 3. Umidade relativa do ambiente interno e externo (média) em instalações do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação.

O TVEA que obteve as menores UR, consequência do sistema adotado e da baixa influência do mesmo na umidade relativa do ambiente, o que permitiu destes os melhores resultados encontrados dos tratamentos. A ventilação é uma das maneiras de melhorias na UR e das condições térmicas, possibilitando a troca ou perda de calor principalmente pela convecção e evaporação, além de melhorar a taxa de renovação do ar no interior das instalações (SILVA, 1999; NÄÄS & JUNIOR, 2001). A baixa interferência dos aspersores com a utilização dos ventiladores favoreceu os melhores resultados apresentados nesta variável, proporcionando melhor conforto térmico aos animais.

5.3. Temperatura de globo negro

Conforme evidencia a Tabela 3 é possível constatar diferença significativa entre as médias de TGN nos tratamentos e nos horários. O tratamento TCON (29,25 °C) promoveu as maiores médias, seguido de TVEA (26,87 °C) e TVEN (23,72 °C).

O período de 14h00min teve o maior valor de TGN e isso é decorrente do momento do dia onde possibilita as maiores radiações e temperaturas ambientes e menores velocidades do vento, contribuindo assim para estes resultados nesta variável, comportamento muito próximo a TBS. As maiores temperaturas de globo foram de 32,18 e 30,60 °C (TCON e TVEA), similares as encontradas por Leme et al. (2005), Martello et al. (2005), Souza et al. (2004) e Damasceno et al. (1998), com 32,7; 25,9; 37,7 e 28,7 °C respectivamente.

TABELA 3. Temperatura de globo negro (°C média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento), com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média | EPM |
|----------|--------|--------|--------|---------|------|
| 8h00min | 23,54 | 20,74 | 19,72 | 21,33c | 0,77 |
| 10h00min | 28,40 | 23,26 | 25,88 | 25,84b | 0,78 |
| 12h00min | 30,82 | 24,06 | 28,26 | 27,71ab | 1,02 |
| 14h00min | 32,18 | 26,02 | 30,60 | 29,85a | 0,96 |
| 16h00min | 31,34 | 25,32 | 29,90 | 29,10a | 0,96 |
| Média | 29,25a | 23,72c | 26,87b | 26,69 | |
| EPM | 0,83 | 0,71 | 0,86 | 0,53 | |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna ou na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Como consequência desta variação de fatores envolvidos na TGN, a menor média foi no período das 8h00min, onde temos o menor efeito desta combinação de fatores. De acordo com Marchetto (2002) a TGN é uma forma de medição indireta do calor radiante do ambiente.

Os tratamentos TVEN e TVEA apresentaram as melhores TGN devido ao efeito positivo da ventilação, 23,72 e 26,87 °C respectivamente, que promove um aumento da perda de calor ambiente pela convecção. As TGN do ambiente externo da instalação (Figura 4), mostra que independente do tratamento, a sua maior elevação é evidente até pela maior incidência da radiação indireta e direta.

O grupo TVEA conquistou 2,38 °C de média total da TGN a menos que o TCON, sinal evidente da funcionalidade do sistema de resfriamento, favorecido pela utilização dos equipamentos, ventilador e aspersor.

Em todos os tratamentos as médias ao longo dos horário foram superiores no ambiente externo, do que no interior das instalações, isto evidência a importância de instalações adequadas que possam controlar a grande maioria das variáveis climáticas, propiciando o conforto térmico adequado.

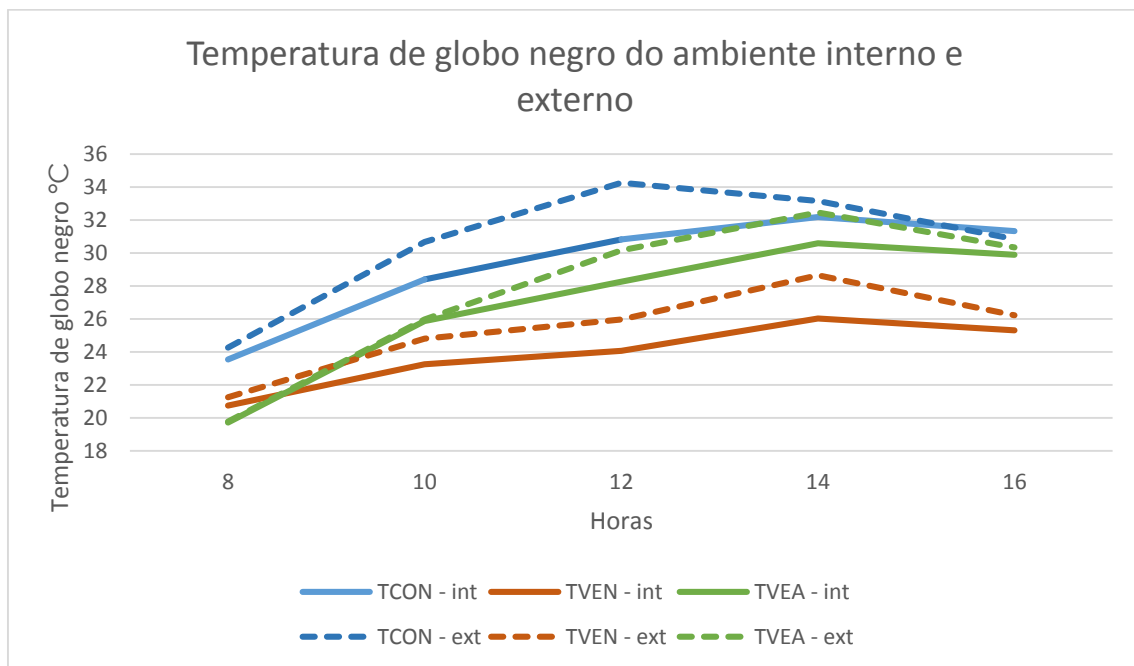


Figura 4. Temperatura de globo negro do ambiente interno e externo (°C média) em instalações do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação.

As instalações devem possuir orientações propícias e apropriadas, pois refletem diretamente na produção leiteira, melhores índices reprodutivos, como taxa de prenhez, e melhora a utilização das forças naturais na otimização de um ambiente climático adequado (RICCI et al., 2013).

5.4. Índice de temperatura e umidade

No índice de temperatura e umidade (ITU), houve diferença significativa apenas para os tratamentos, na interação tratamento x horário e no horário não ocorreu

significância. A maior média de ITU registrado foi no tratamento TCON, com 78,23, seguido de 74,68 (TVEA) e 71,45 (TVEN) (Tabela 4).

Ao utilizar a classificação adotada por Rosenberg (1983) sobre os níveis de ITU, nota-se que nos tratamentos climatizados, TVEN e TVEA, os índices médios permaneceram dentro do que se considera adequado e, assim os animais não apresentariam nenhum desconforto térmico. Na média do TCON, os animais podem apresentar algum tipo de sinal de desconforto e podem apresentar perdas tanto produtivas quanto zootécnicas, e medidas preventivas devem ser tomadas para controlá-las (CAMPOS et al., 2002).

TABELA 4. Índice de temperatura e umidade (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| 8h00min | 72,42 | 68,36 | 66,18 | 68,99 |
| 10h00min | 77,12 | 70,91 | 73,70 | 73,91 |
| 12h00min | 79,52 | 71,54 | 76,43 | 75,83 |
| 14h00min | 81,26 | 74,12 | 79,04 | 78,42 |
| 16h00min | 80,85 | 73,24 | 78,04 | 77,67 |
| Média | 78,23a | 71,45c | 74,68b | 74,88 |
| EPM | 0,86 | 0,80 | 1,07 | 0,62 |

EPM - Erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O ITU foi contraditório do TVEN frente ao TVEA, 71,45 e 74,68 respectivamente, pois espera-se melhores condições térmicas no TVEA. A vantagem para TVEN pode ser devido as menores TBS neste primeiro tratamento, conseqüentemente com menor ITU. Apesar de a média geral do ITU do tratamento TVEA apresentar-se nos limites aceitáveis, ao longo do dia apresentou índices acima dos limites às 12h00min, 14h00min e 16h00min, sendo 76,43; 79,04 e 78,04 respectivamente. Isto evidencia a ineficiência do equipamento de aspersão no controle deste índice, o que não possibilita uma condição ambiental satisfatória aos animais nesses determinados horários. Todavia o funcionamento significativo do TVEA frente ao TCON, com 2,22 e 2,81 abaixo nos horários das 14h00min e

16h00min, mostra que perdas ainda maiores poderiam ocorrer em níveis críticos a estes animais.

Marchetto et al. (2002) verificaram correlação entre a produção de leite e o ITU, e obtiveram ITU máximo de 80 e mínimo de 70. Souza et al. (2004) constataram ITU médios de 76 e 72 para sistemas sem climatização e com climatização por nebulizadores, respectivamente. Apesar dos resultados de outros trabalhos serem muito similares à pesquisa em questão, deve-se levar em conta a região geográfica e as características climáticas envolvidas, pois poderão interferir diretamente nos resultados dos índices de conforto térmico.

Conforme a figura 5 abaixo pode-se concluir que as médias do ITU externo são ligeiramente mais elevadas, isso deve-se as maiores TBS e TPO encontradas no ambiente externo, que influenciam o índice elevando-o. O tratamento controle em quase todos os horários, exceção às 8h00min, atingiu os valores acima do limite crítico de 75, chegando às 14h00min no máximo registrado (81,5), isto demonstra a importância dos sistemas de climatização por aspensão na melhoria das condições térmicas, mesmo que com menor eficiência em comparação a outros SAE.

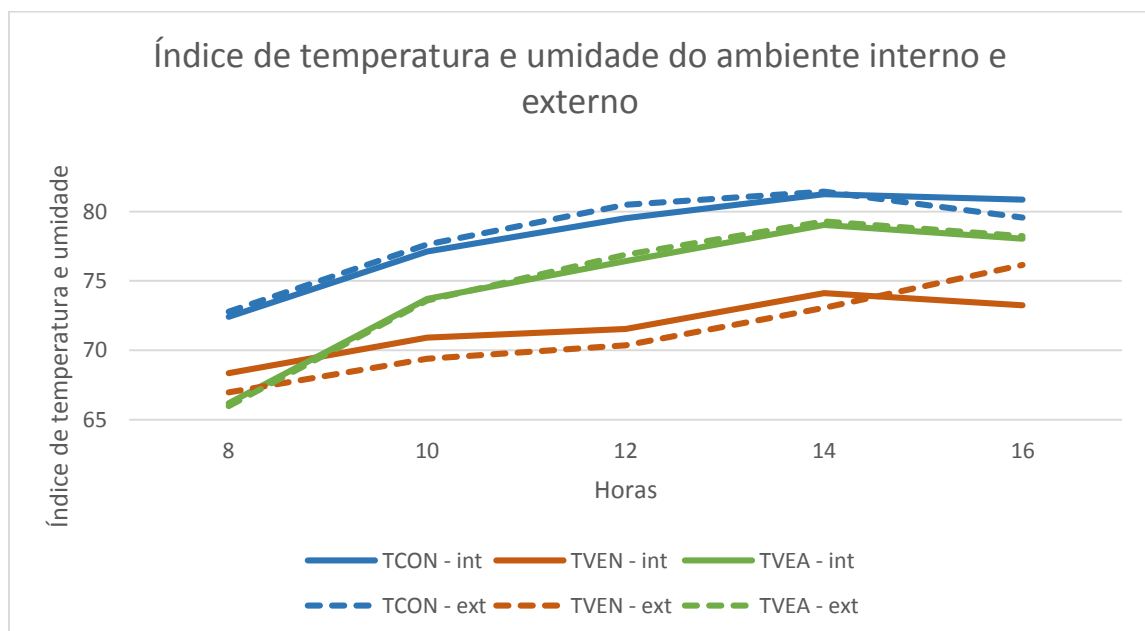


Figura 5. Índice de temperatura e umidade do ambiente interno e externo (média) em instalações do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação.

Faria et al. (2008) encontraram valores de ITU 76,4 indicando situação de perigo, como em alguns horários do dia encontrados neste estudo (12h00min,

14h00min e 16h00min dos TCON e TVEA), e evidencia que o ambiente térmico do galpão não propiciava conforto para os animais.

O grupo apenas com ventilação sempre esteve abaixo da referência crítica (ITU = 75), em todo os horários. Esta discordância ocorreu devido às baixas TBS e pelo fato de terem ocorridos chuvas durante este tratamento, o que melhorou o conforto térmico dos animais e reduziu tais índices.

Independente do tratamento os valores do ITU foram de 46,6 % no ambiente interno e 53,3 % no externo, portanto acima dos limites preconizados na literatura. No ambiente interno os tratamentos alcançaram as frequências de ITU acima dos limites de conforto de 80 %, 0 % e 60 % nos TCON, TVEN e TVEA, respectivamente, obtendo uma melhora de 20 % e 3,55 pontos na média do ITU no TVEA em relação ao controle. Esta diminuição tem uma representação muito significativa das melhores condições térmicas que o sistema de aspersão proporcionou, com resultados satisfatórios e transmite melhor conforto e bem-estar ao animal.

5.5. Índice de temperatura de globo e umidade

Observou-se diferenças entre os tratamentos para o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), e a interação tratamento x horário e os horários de avaliação não foram significativos (Tabela 5). O maior valor médio encontrado foi no tratamento TCON (79,08), seguido pelo TVEA (75,71) e TVEN (72,24).

O valor de ITGU é dependente da variação do TGN, pois é uma das variáveis que influência diretamente este índice, conseqüentemente as duas apresentam esta associação inter-variável. As diferenças entre os tratamentos foram respectivamente de 4,45 e 9,46 %, entre o controle e os sistemas de climatização (TVEA e TVEN).

As faixas dos valores referências são iguais ao ITU (BAÊTA & SOUZA, 1997), sendo possível visualizar a situação de alerta com desconforto (entre 75 e 78) para TCON e TVEA, nas médias gerais. Algumas situações de perigo (79 a 84) foram evidenciados nos horários das 12h00min, 14h00min e 16h00min para o grupo controle, e apenas no horário das 14h00min e 16h00min para o tratamento com aspersores.

TABELA 5. Índice de temperatura de globo e umidade (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| 8h00min | 72,78 | 68,86 | 67,34 | 69,66 |
| 10h00min | 78,22 | 71,57 | 74,70 | 74,83 |
| 12h00min | 80,72 | 72,48 | 77,31 | 76,84 |
| 14h00min | 82,22 | 75,02 | 80,06 | 79,39 |
| 16h00min | 81,49 | 74,21 | 79,14 | 78,57 |
| Média | 79,08a | 72,24c | 75,71b | 75,77 |
| EPM | 0,91 | 0,85 | 1,05 | 0,63 |

EPM – Erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O tratamento TCON teve uma média geral nos horários de 3,37 unidades acima em comparação ao TVEA, isto evidencia a interferência do sistema de aspersão na melhora de índice diretamente no conforto térmico. Médias similares foram confrontadas em outros trabalhos, 79,76 e 78,00 no seu posicionamento do globo negro no lado oeste das instalações; 79 e 77 em sistemas sem e com climatização (CAMPOS et al., 2004; SOUZA et al., 2004).

O TVEA apresentou o ITGU dentro dos limites considerados confortáveis apenas nos horários da manhã, 8h00min e 10h00min, onde ocorre as menores temperaturas ambientes e radiação, o ITGU é um índice mais elevado que o ITU pois a sua principal variável dependente é o TGN, o qual é mensurado a partir da temperatura ambiente, umidade e a radiação.

Buffington et al. (1981) ressaltam o ITGU como um indicador do conforto e produção animal, tendo sua influência direta na temperatura retal e taxa respiratória dos animais, e de forma inversamente proporcional, na produção de leite e eficiência reprodutiva. Ambos os índices podem ser utilizados com extrema confiabilidade e praticidade, na mensuração das condições climáticas do ambiente de conforto dos animais.

5.6. Respostas fisiológicas

5.6.1. Temperatura de pelame

A temperatura de pelame (TP) foi mensurada conforme o comportamento dos animais, sendo eles: temperatura de pelame alimentando-se (TPA), temperatura de pelame animal em estação (TPAE), temperatura de pelame animal deitado (TPD) e temperatura de pelame animal ingerindo água (TPIA) (MARTELLO et al., 2004; JUNIOR et al., 2005; ALMEIDA et al., 2011).

5.6.1.1. Temperatura de pelame durante alimentação

Houve diferença significativa em relação apenas aos manejos adotados frente a TPA, não sendo significativa a interação manejo x horário e os horários nesta variável (Tabela 6).

TABELA 6. Temperatura de pelame durante alimentação (média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA), em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| 8h00min | 32,74 | 30,88 | 30,26 | 31,29 |
| 10h00min | 34,36 | 31,79 | 30,55 | 32,23 |
| 12h00min | 34,83 | 32,24 | 28,43 | 31,83 |
| 14h00min | 36,06 | 32,61 | 30,00 | 30,33 |
| 16h00min | 35,07 | 32,04 | 29,83 | 32,34 |
| Média | 34,55a | 31,88b | 29,81c | 31,84 |
| EPM | 0,28 | 0,28 | 0,40 | 0,29 |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A menor média geral observada foi no tratamento TVEA (29,81 °C), seguido posteriormente pelo TVEN (31,88 °C) e TCON (34,55 °C). Estes resultados satisfatórios e com diferenças acentuadas deve-se a linha de aspersores e o seu posicionamento acima da linha de alimentação, conseqüentemente os animais eram molhados, auxiliando assim na perda de calor sensível pela condução, refrescando os animais e possibilitando condições momentâneas de conforto aos animais que estavam alimentando-se no momento da mensuração e uma maior dissipação do calor. Arcaro Junior et al. (2005), relataram temperatura de pelame na cabeça e dorso do animal de 26,6 e 30,6 °C, já Almeida et al. (2011) corroboraram os resultados do presente estudo, ao evidenciar 29,8 °C após 30 min de climatização.

A diferença dos tratamentos foi de 2,07 e 4,74 °C em ordem crescente de TPA encontrados. Estas diferenças significativas ilustram a melhor eficiência do TVEA no momento que os animais possam estar alimentando-se (Figura 6). Ao longo do dia em todo o TVEA as temperaturas de pelame não ultrapassaram 31 °C, além de proporcionar melhor conforto térmico aos animais também estimula os animais a aumentarem a ingestão de matéria seca (IMS) em períodos quando as temperaturas e índices são elevados, pois o calor adicionado pelo incremento calórico é devido a ingestão e digestão dos alimentos, absorção e metabolismo dos nutrientes (BARBOSA et al., 2004).

As melhoras nas temperaturas de pelames destes animais alimentando-se, conjuntamente com o sistema de climatização, conseguiram excelentes melhorias neste momento comportamental dos animais onde demanda grande dissipação de calor e conforto aos animais. O fato de molhar o animal promove ganho de bem estar que é evidenciado pela análise comportamental dos animais e melhores resultados nas variáveis fisiológicas (PERISSINOTO et al., 2006).

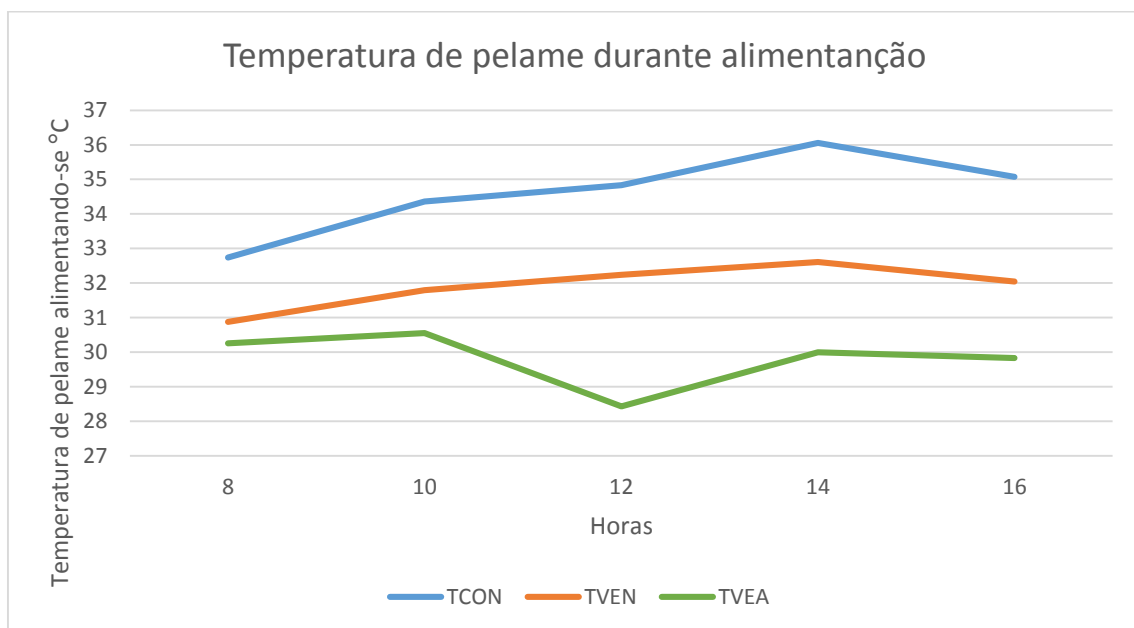


Figura 6. Temperatura de pelame durante alimentação (°C média) em instalações do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação.

Não somente a sensação de bem estar mas a ventilação forçada combinada com os aspersores fez com que ocorresse um resfriamento evaporativo da pele e dos

pelos, conjuntamente com o calor do corpo da vaca, e faz com que a umidade evapore, corroborando com Turner (1992).

Souza et al. (2007), ressaltam que em sistema dos animais em confinamento permaneceram 20,69 % do dia alimentando-se, quase um quarto do dia, isto deduz que os animais ao alimentarem-se durante o dia eram molhados pelo TVEA, com isso dissipavam uma grande quantidade de calor, temperaturas as quais evidenciadas em ambos as mensurações e significativas frente ao TCON e TVEN, e comprova a eficiência do TVEA no controle da temperatura de pelame durante a alimentação dos animais.

5.6.1.2. Temperatura de pelame do animal em estação

Foram observados diferenças entre os tratamentos para temperatura de pelame do animal em pé (TPAE). Os horários e a interação tratamento x horário não foram significativos ($p > 0,05$). A média geral com maior elevação foi do grupo controle (34,50 °C), e quando comparado aos tratamentos TVEN (32,01 °C) e TVEA (31,87 °C), estes não diferiram entre si (Tabela 7).

TABELA 7. Temperatura de pelame do animal em estação (°C média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| 8h00min | 32,23 | 31,66 | 30,43 | 31,44 |
| 10h00min | 33,54 | 31,66 | 31,79 | 32,33 |
| 12h00min | 34,98 | 31,70 | 32,22 | 32,97 |
| 14h00min | 35,71 | 32,53 | 32,48 | 33,65 |
| 16h00min | 36,03 | 32,77 | 32,41 | 33,81 |
| Média | 34,50a | 32,01b | 31,87b | 32,81 |
| EPM | 0,35 | 0,22 | 0,31 | 0,22 |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

As temperaturas de pelame dos animais em estação encontradas ilustram a eficácia dos sistemas de resfriamento, sendo melhores frente ao tratamento controle. Os ventiladores e aspersores auxiliam na perda calor dos animais de forma sensível

e insensível, de maneira direta e indiretamente. A efetividade demonstrada ao longo dos horários comprava a capacidade destes sistemas.

De acordo com a Figura 7, é possível evidenciar a eficiência dos tratamentos, ventilação e ventilação com aspensor, na temperatura de pelame destes animais ao longo do dia. As TPAE do TCON foram maiores em todos os horários do dia em relação aos TVEN e TVEA. A temperatura de pelame tem relação direta com a temperatura ambiente, pois quando a temperatura da pele é mais elevada que a do ambiente, o organismo troca calor para às moléculas de ar (BACCARI JUNIOR, 2001).

ARCARO JUNIOR et al. (2005), verificaram a associação entre a temperatura ambiente e temperatura do pelame, com isso o animal irá dissipar mais calor com a diminuição da temperatura ambiente, reflexo evidente na temperatura de pelame. Ao longo do dia, TPAE eleva-se conforme a variação do ambiente, mostrando assim o seu reflexo direto para que o animal regule a perde de calor para o ambiente externo, pela troca latente de calor.

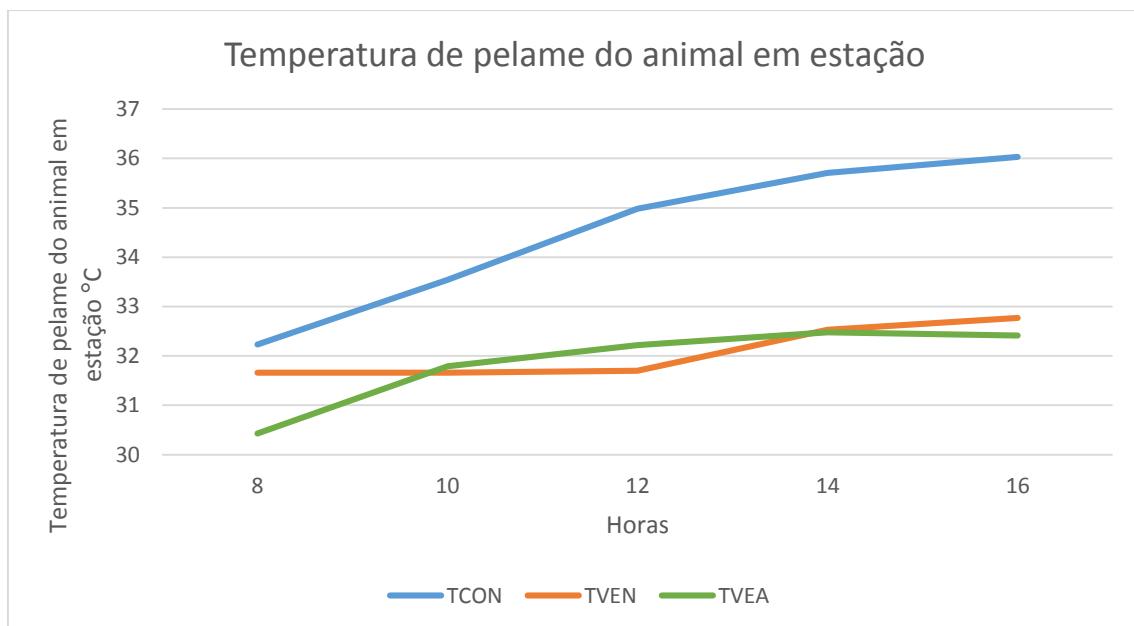


Figura 7. Temperatura de pelame do animal em estação (°C média) em instalações do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação.

A eficiência dos sistemas de climatização é comprovada pela melhora da temperatura de pelame, sinal evidente de que o sistema proporcionou melhor condição térmica, isso é mostrado nos horários ao longo do dia entre os tratamento

CON e VEA, sendo possível uma diferença de 3,62 °C às 16 h onde foi encontrado a maior TPAE.

5.6.1.3. Temperatura de pelame do animal deitado

Ocorreu significância entre a interação tratamento x horário, sendo assim os tratamentos apresentaram temperaturas distintas, em função dos horários de mensuração de temperatura de pelame deitado (TPD). Todos os horários do dia mostraram-se significativos (tabela 8).

O tratamento TCON, dentro dos seus horários apresentou os maiores valores 35,65 e 34,43 °C (16h00min e 14h00min), diferindo apenas do horário das 8h00min (32,66 °C), possivelmente pelas menores temperaturas do ar e incidência de radiação neste horário. No grupo apenas com ventilação não foi significativa a diferença, entre os horários, mostrando que há interferência das chuvas nos resultados para esse tratamento.

TABELA 8. Temperaturas de pelame do animal deitado (°C média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média |
|----------|--------|---------|---------|-------|
| 8h00min | 32,66a | 31,39b | 30,16c | 31,40 |
| 10h00min | 33,30a | 32,17ab | 31,04b | 32,17 |
| 12h00min | 34,95a | 31,97b | 31,85c | 32,92 |
| 14h00min | 35,58a | 33,28b | 34,49ab | 34,53 |
| 16h00min | 35,65a | 31,94b | 33,92a | 33,97 |
| Média | 34,43 | 32,29 | 32,11 | 32,96 |
| EPM | 0,35 | 0,24 | 0,38 | 0,22 |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Nos momentos mais quentes das 16h00min e 14h00min, tanto o TCON (35,65 e 35,58 °C) quanto no TVEA (33,92 e 34,49 °C) não houveram diferenças estatísticas, isto deve-se ao local onde os animais deitam-se em baias individualizadas, serem climatizadas no tratamento TVEA apenas com a ventilação forçada, conseqüentemente a ventilação não foi suficiente para que os animais percam calor

sensível pela convecção, até mesmo devido as altas temperaturas do ar nestes horários o que dificulta ainda mais para a ventilação.

A ventilação forçada apresenta a vantagem de ser independente das condições atmosféricas (SILVA, 2008), renovando o ar no ambiente e realizando a troca de calor com as moléculas do ar, mas com limites na eficiência da dissipação do calor com dependência da temperatura e umidades ambientes.

Nos horários das 8h00min e 12h00min, os melhores resultados foram do tratamento com aspersão e ventilação, 30,16; 31,04 e 31,85 °C respectivamente; são momentos do dia onde os animais tem comportamento voltado para alimentação devido as horas mais frescas do dia, conseqüentemente estas vacas são molhadas pelos aspersores durante a ingestão dos alimentos e quando os animais deitam-se eles evidenciam temperaturas de pelame mais baixas, resultado eficiente do sistema de climatização.

O período de tempo do sistema de aspersão ligado promoveu o umedecimento do pelo e da pele do animal, conjuntamente à taxa de ventilação, teve efeitos benéficos no resfriamento corporal, como encontrados por Flamenbaum et al. (1986).

Matarazzo et al. (2006), ressaltaram que a temperatura corporal dos animais continuou a subir enquanto a temperatura do ar diminuía, evidenciando que essa elevação decorre do metabolismo animal do que propriamente da temperatura ambiente. Característica similar apresentada durante os trabalhos, onde o acompanhamento da TPD foi acima da TBS ao longo do dia em ambos os tratamentos, evidenciando a troca de calor por convecção dos animais.

5.6.1.4. Temperatura de pelame do animal ingerindo água

As médias de temperatura de pelame do animal ingerindo água (TPIA) diferiram significativamente para o tratamento adotado. A interação tratamento x horário e os horários não apresentaram diferença significativa. Os valores médios encontrados foram de 34,12; 32,35 e 31,97 °C, para os tratamentos TCON, TVEN e TVEA respectivamente, sendo que os dois últimos não diferiram entre si (Tabela 9).

O comportamento de procura pela ingestão de água é um reflexo de uma atividade essencial para o animal, influenciado principalmente pela condição térmica do ambiente. Damasceno et al. (1999) relataram que a maior procura pela água ocorreu nas horas mais quentes do dia e próxima as ordenhas, porque é o momento

onde o animal procura a perda de calor e acesso facilitado para ingestão nos momentos que antecedem a ordenha. Nos períodos das 14h00min e 16h00min foram encontradas as maiores temperaturas de pelame destes animais, independentemente dos tratamentos.

Em todos os horários ao longo do dia as temperaturas encontradas no TCON foram maiores em comparação aos dois outros tratamentos, reflexo de não apresentar nenhum sistema de climatização, dificultando a perda de calor do animal.

TABELA 9. Temperatura de pelame do animal ingerindo água (°C média e EPM) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | TCON | TVEN | TVEA | Média |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| 8h00min | 32,33 | 32,01 | 30,38 | 31,57 |
| 10h00min | 33,27 | 32,26 | 32,03 | 32,52 |
| 12h00min | 34,20 | 32,19 | 31,73 | 32,71 |
| 14h00min | 35,66 | 33,96 | 33,28 | 34,04 |
| 16h00min | 35,14 | 32,46 | 32,43 | 33,41 |
| Média | 34,12a | 32,35b | 31,97b | 32,83 |
| EPM | 0,34 | 0,26 | 0,27 | 0,20 |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O grupo TVEA foi o que apresentou a menor média geral dos tratamentos, com 31,97 °C, não tendo significância ao TVEN, mas diferente estatisticamente do grupo controle com 2,15 °C a menos. O conforto térmico alcançado no grupo com ventilação forçada e aspersor evidencia o sucesso do mesmo em proporcionar melhores condições ambientais na instalação dos animais. Esta eficiência significativa na maioria das temperaturas de pelame deve-se a este sistema de arrefecimento evaporativo permitir condições de dissipação de calor muito rápidas, verificado pelas temperaturas atingidas nos pelames dos animais nos diversos comportamentos.

5.7. Frequência Respiratória

Um dos sinais mais evidentes do estresse térmico é o aumento da frequência respiratória (taquipnéia), este é o terceiro mecanismo na sequência de adaptação

fisiológica, inicialmente ocorrem vasodilatação periférica e o aumento da sudorese (CUNNINGHAN, 1999).

Em condições de termoneutralidade os animais apresentam a FR em torno de 24 a 36 movimentos por minuto (STOBER, 1993). De acordo com Pires e Campos (2004), o estresse térmico pode ser classificado conforme a FR do animal, com 23 mpm não há estresse presente; de 45 a 65 mpm o estresse está sob controle; de 70 a 75 mpm ocorre início do estresse e a alimentação é diminuída; a partir de 90 mpm o estresse é acentuado (diminui alimentação, produção e os sinais de estro); de 100 a 120 mpm estresse severo com grandes perdas na produção, diminui a IMS em 50 % e fertilidade pode cair para 12 %; e acima de 120 mpm estresse mortal, os animais expõem a língua e salivam em grande quantidade e não conseguem beber água ou se alimentar.

Durante o trabalho foram verificadas as frequências respiratórias dos animais em seus comportamentos, sendo eles: frequência respiratória alimentando-se (FRA), frequência respiratória do animal em estação (FRAE), frequência respiratória do animal deitado (FRD) e frequência respiratória do animal ingerindo água (FRIA).

As médias de FRA, FRAE, FRD e FRIA diferiram significativamente para os tratamentos adotados, e não apresentaram diferença estatística os horários e a interação tratamento x horário, em nenhuma das frequências respiratórias coletadas (Tabela 10).

De todas as frequências respiratórias as melhores médias apresentadas foram do tratamento TVEA, 38,56 mpm (FRA), 46,7 mpm (FRAE), 47,8 mpm (FRD) e 42,8 mpm (FRH₂O). Isto ilustra a importância do sistema de climatização no conforto e a melhor eficiência nos resultados propiciando condições favoráveis aos animais, e animais dentro da classificação de estresse sob controle ou sem estresse. Resultado semelhantes ao de Nääs & Junior (2001), com 42,78 mpm e 54,6 mpm observados por Martello et al. (2009).

A FR de 60 mpm indica que os animais estão com ausência de estresse térmico ou este é mínimo (HAHN & MADER, 1997). Em nenhuma das frequências, no TVEA, estiveram acima dos limites, manifestando assim que a mesma estava sob a faixa de controle sobre o estresse térmico. O período que obteve a maior diferença foi na FRAE as 14h00min, com 40,8 mpm a menos que no TCON, horário onde eram encontradas as maiores temperaturas e índices do dia.

Em determinados estudos dos SRAE, não encontraram diferenças nos parâmetros fisiológicos, como frequência respiratória, com limites máximos registrados de 58 e 52 mpm (PERISSINOTO, 2003; ARCARO et al., 2006). Resultados que não apresentaram diferenças significativa entre os tratamentos estudados pelos respectivos autores, ao contrário do trabalho estudado.

TABELA 10. Frequências respiratórias (média e EPM) dos animais alimentando-se, animal em pé, deitados e ingerindo água observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | | 8h00min | 10h00min | 12h00min | 14h00min | 16h00min | Média | EPM |
|------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|--------|------|
| FRA | TCON | 49,6 | 60,0 | 61,6 | 54,4 | 68,0 | 61,16a | 2,54 |
| | TVEN | 40,0 | 44,0 | 48,0 | 56,0 | 52,0 | 47,47b | 2,36 |
| | TVEA | 31,2 | 36,8 | 40,0 | 44,0 | 40,8 | 38,56c | 1,00 |
| | Média | 40,2 | 46,9 | 49,8 | 51,1 | 53,7 | 48,7 | 1,61 |
| FRAE | TCON | 60,0 | 63,2 | 69,6 | 84,0 | 82,4 | 71,8a | 2,69 |
| | TVEN | 48,0 | 53,6 | 56,0 | 57,0 | 57,0 | 54,0 b | 2,39 |
| | TVEA | 48,8 | 48,0 | 44,8 | 43,2 | 48,8 | 46,7c | 1,90 |
| | Média | 52,0 | 54,9 | 56,8 | 61,7 | 63,1 | 57,6 | 1,83 |
| FRD | TCON | 59,2 | 67,2 | 72,8 | 84,0 | 80,8 | 72,8a | 2,58 |
| | TVEN | 53,6 | 53,6 | 58,4 | 58,0 | 60,0 | 56,7b | 2,03 |
| | TVEA | 46,4 | 45,6 | 47,2 | 49,6 | 50,4 | 47,8c | 1,55 |
| | Média | 53,0 | 55,4 | 59,4 | 64,2 | 64,0 | 59,1 | 1,72 |
| FRIA | TCON | 56,0 | 64,8 | 68,0 | 72,8 | 76,0 | 67,5a | 2,76 |
| | TVEN | 48,0 | 46,4 | 50,4 | 67,0 | 56,0 | 52,8b | 2,27 |
| | TVEA | 39,2 | 39,2 | 46,4 | 46,4 | 43,2 | 42,8c | 1,59 |
| | Média | 47,7 | 50,1 | 54,9 | 61,7 | 58,5 | 54,4 | 1,76 |

EPM – erro padrão médio;

a, b, c: Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Foi possível visualizar que a FR teve alterações ao longo do dia, conforme a variação da TBS, em todos os tratamentos estudados e posicionamentos dos animais. As maiores médias encontradas foram durante os horários de 14h00min e 16h00min, quando ocorreram as maiores temperaturas ambientes em ambos os tratamentos. Neste mesmos horários, o grupo TCON, apresentou FR de 84 e 82,4; 84 e 80,4; 72,8 e 76 mpm, para FRAE, FRD e FRIA, respectivamente. Estas frequências apresentam início de estresse térmico, com a diminuição da alimentação evidente entre os principais sinais, e o seu conforto térmico prejudicado, aumentando a respiração para a dissipação do calor evaporativo ou insensível.

O aumento da FR faz com que a eliminação de CO₂ dos pulmões seja maior do que a sua produção, conseqüentemente o CO₂ sanguíneo diminuí. Para manter a relação CO₂/HCO₃ (bicarbonato de sódio), o rim aumenta a excreção do HCO₃. Com a evasão de CO₂ dos pulmões e excreção do bicarbonato pela urina, o pH torna-se mais alcalino, sendo denominado este evento de alcalose respiratória (STAPLES, 2009).

Tosetto et al. (2014) durante estudo da influência do macroclima e microclima sobre o conforto térmico das vacas leiteiras, observaram que o microclima está correlacionado com a FR dos animais, sendo um dos principais parâmetros fisiológicos de avaliação do conforto térmico. Neste trabalho foram evidentes a superioridade das médias de FR mensuradas no TVEA frente aos outros, TCON e TVEN, confirmando os benefícios do sistema no conforto térmico ao animal em um dos principais parâmetros fisiológicos, e comprova que os animais não apresentaram estresse sob está variável.

5.8. Composição do leite

As médias de produção leiteira e proteína apresentaram diferença significativa para os tratamentos adotados. Os outros componentes como gordura, lactose, sólidos totais e contagem de células somáticas (CCS) não apresentaram diferença estatística, conjuntamente com os dias e a interação tratamento x dia (Tabela 11).

A produção leiteira média do tratamento TVEA foi 18,75 % e 9,96 % maior frente ao TCON e TVEN. Este aumento significativo além de representar grande valorização econômica, prova a eficiência do sistema de climatização, e proporcionou excelentes condições ambientais e térmicas, traduzidos em melhores resultados produtivos e

uma matéria prima de melhor qualidade, sem contar as melhores condições de conforto aos animais comprovada pela maioria das variáveis avaliadas.

TABELA 11. Produção leiteira e composição do leite (média) observadas nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | Produção (L) | Gordura | Proteína | Lactose | Sólidos totais | CCS (cél/s/mL) |
|------|-----------------|---------|----------|---------|-------------------|-------------------|
| TCON | 19,52c | 3,87 a | 3,25c | 4,45a | 12,43a | 506,1a |
| TVEN | 21,08b | 3,82 a | 3,39b | 4,35a | 12,45a | 717,5a |
| TVEA | 23,18a | 3,92 a | 3,50a | 4,37a | 12,74a | 594,4a |

a,b,c, Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$);

O aumento da ingestão de matéria seca supostamente foi promovido pelos aspersores na linha de alimentação. Os animais são molhados, com a promoção do bem-estar momentânea e a troca de calor rápida pela água. De acordo com o NRC (2001) os animais diminuem a ingestão de alimentos a partir de 25 e 26 °C de temperatura ambiente, superior a 30 °C ocorre queda acentuada e a 40 °C a ingestão declina 40 % (NRC, 2001). Nos TVEN e TCON provavelmente os animais ingeriram menos matéria seca, além de maior desconforto térmico, visualizado pela diminuição da produção significativa frente ao sistema de climatização com aspersores.

Outros resultados corroboram aos encontrados nesta pesquisa, onde os sistemas de climatização com aspersores aumentaram a produção leiteira em comparação aos sistemas não climatizados (NAAS e JUNIOR, 2001; SILVA et al., 2002; PERISSINOTTO et al., 2006). O TVEA teve um aumento de 2,10 e 3,66 kg de leite frente aos TVEN e TCON respectivamente, produção a qual é reflexo das melhores condições de conforto e bem-estar que os animais obtiveram.

Head (1989) ressalta que alteração na composição do leite de gordura, lactose, proteína, ácido cítrico, cálcio e potássio. Neste trabalho apenas o teor de proteína teve diferença significativa entre os tratamentos, o TVEA obteve um percentual de 3,24 e 7,69 % a mais do que os TVEN e TCON. O sistema de climatização favorece de maneira indireta a composição do leite, atualmente a composição do leite tem grande valorização no mercado pois traz mais valor agregado aos produtos e maior rendimento a co-produtos industrializados a base de leite como matéria prima.

5.9. Comportamento animal

Na avaliação comportamental (Tabela 12), nota-se que os maiores números de animais alimentando-se foram encontrados no TVEA em todos os horários, exceto ao 12h00min, sinal evidente de que os animais apresentaram melhor conforto térmico, pois a ingestão de alimento é um dos primeiros comportamentos a não ser visualizado quando há estresse térmico. Esse resultado corrobora Matarazzo (2007) que verificou que os animais permaneceram por mais tempo nos comedouros em sistema de resfriamento por aspersão. Além de melhorar a temperatura do animal devido a incidência direta dos aspersores e ventiladores neste comportamento, a dissipação de calor é de melhor eficiência, podendo estimular o animal há uma maior ingestão de matéria seca.

A atividade de alimentar-se teve os seus maiores picos, em ambos os tratamentos utilizados, no horário após a ordenha (8h00min), resultados similares aos apresentados por Damasceno et al. (1999), os animais buscam alimento em horários mais frescos do dia, quando o estresse térmico é menor sem exigência de perda de calor insensível, o que gera muitos gastos energéticos para o animal.

O número de animais alimentando-se nos horários de maior TBS e radiação solar, as 14h00min e 16h00min, alimentando-se foram encontrados no TVEA, com 47 e 49 animais, respectivamente. Esta quantidade mostra a eficiência do sistema de climatização e como os animais tinham um conforto térmico nos vários instantes ao longo do dia.

Verificou-se mais animais em estação (EE) com maior incidência no TCON, com exceção das 8h00min no TVEN de 41 e nas 16h00min no TVEA com 83 animais. A escolha por permanecer em estação pode decorrer do estresse térmico, pois, nesta posição a área de contato com o ar é maior e o animal consegue melhor dissipação do calor de maneira sensível (convecção e radiação) e insensível (respiração, sudorese e evaporação). Kendall et al. (2006) ressaltam que animais no posicionamento em estação é sinal significativo de desconforto térmico.

TABELA 12. Padrão comportamental de vacas leiteiras em lactação alojadas em instalação do tipo *free stall* e submetidas a sistema de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN), e ventilação associada à aspersão (TVEA): Número de animais e suas frequências, em seus respectivos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D), ingerindo água (IA), ruminando (RUM) e ofegante (OFE); e taxa de ocupação (Tx CA) nas baias observados.

| | Zona | EE | A | D | IA | RUM | OFE | Tx CA |
|---------------|------|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| 8h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 | 1 | 2 | - |
| | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | - |
| | 3 | 13 | 0 | 50 | 0 | 22 | 1 | 63,0% |
| | 4 | 9 | 0 | 39 | 0 | 21 | 4 | 48,0% |
| | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - |
| | 6 | 1 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 10h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | 1 | 1 | - |
| | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - |
| | 3 | 21 | 0 | 24 | 0 | 9 | 8 | 45,0% |
| | 4 | 20 | 0 | 29 | 0 | 9 | 11 | 49,0% |
| | 5 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 6 | 2 | 55 | 0 | 0 | 0 | 1 | - |
| TCON 12h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | 3 | 4 | - |
| | 2 | 21 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | - |
| | 3 | 23 | 0 | 25 | 0 | 13 | 8 | 48,0% |
| | 4 | 19 | 0 | 28 | 0 | 14 | 10 | 47,0% |
| | 5 | 21 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | - |
| | 6 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 1 | - |
| 14h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 21 | 2 | 2 | - |
| | 2 | 19 | 0 | 4 | 0 | 5 | 3 | - |
| | 3 | 22 | 0 | 45 | 0 | 12 | 17 | 67,0% |
| | 4 | 18 | 0 | 35 | 0 | 9 | 16 | 53,0% |
| | 5 | 8 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | - |
| | 6 | 3 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | - |
| 16h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 7 | - |
| | 2 | 21 | 0 | 14 | 0 | 3 | 4 | - |
| | 3 | 33 | 0 | 26 | 0 | 9 | 11 | 59,0% |
| | 4 | 16 | 0 | 17 | 0 | 3 | 13 | 33,0% |
| | 5 | 11 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | - |
| | 6 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

EE: em estação; A: alimentando-se; D: deitados; IA: ingerindo água; RUM: ruminando; OFG; ofegante; TX CA: taxa de ocupação das baias.

TABELA 12. Padrão comportamental de vacas leiteiras em lactação alojadas em instalação do tipo *free stall* e submetidas a sistema de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN), e ventilação associada à aspersão (TVEA): Número de animais e suas frequências, em seus respectivos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D), ingerindo água (IA), ruminando (RUM) e ofegante (OFE); e taxa de ocupação (Tx CA) nas baias observados. (continuação)

| | Zona | EE | A | D | IA | RUM | OFE | Tx CA |
|------|------|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 15 | 0 | 31 | 0 | 27 | 0 | 46,0% |
| | 4 | 8 | 0 | 52 | 0 | 25 | 0 | 60,0% |
| | 5 | 15 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - |
| | 6 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | - |
| | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | - |
| | 3 | 13 | 0 | 54 | 0 | 19 | 2 | 67,0% |
| | 4 | 10 | 0 | 56 | 0 | 27 | 0 | 66,0% |
| | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | - |
| | 6 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| TVEN | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 21 | 0 | 32 | 0 | 17 | 2 | 53,0% |
| | 4 | 13 | 0 | 38 | 0 | 12 | 3 | 51,0% |
| | 5 | 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - |
| | 6 | 1 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | - |
| | 2 | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | - |
| | 3 | 15 | 0 | 40 | 0 | 21 | 3 | 55,0% |
| | 4 | 12 | 0 | 38 | 0 | 26 | 3 | 50,0% |
| | 5 | 14 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | - |
| | 6 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 7 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | - |
| | 3 | 14 | 0 | 30 | 0 | 30 | 1 | 44,0% |
| | 4 | 12 | 0 | 35 | 0 | 25 | 0 | 47,0% |
| | 5 | 10 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 | - |
| | 6 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

EE: em estação; A: alimentando-se; D: deitados; IA: ingerindo água; RUM: ruminando; OFG; ofegante; TX CA: taxa de ocupação das baias.

TABELA 12. Padrão comportamental de vacas leiteiras em lactação alojadas em instalação do tipo *free stall* e submetidas a sistema de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN), e ventilação associada à aspersão (TVEA): Número de animais e suas frequências, em seus respectivos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D), ingerindo água (IA), ruminando (RUM) e ofegante (OFE); e taxa de ocupação (Tx CA) nas baias observados. (continuação)

| | Zona | EE | A | D | IA | RUM | OFE | Tx CA |
|---------------|------|----|-----|----|----|-----|-----|-------|
| 8h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 13 | 0 | 20 | 0 | 17 | 0 | 33,0% |
| | 4 | 4 | 0 | 13 | 0 | 4 | 0 | 17,0% |
| | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | - |
| | 6 | 0 | 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 10h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 18 | 0 | 24 | 0 | 21 | 0 | 42,0% |
| | 4 | 13 | 0 | 43 | 0 | 33 | 0 | 56,0% |
| | 5 | 12 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | - |
| | 6 | 4 | 61 | 0 | 0 | 3 | 0 | - |
| TVEA 12h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 13 | 0 | 35 | 0 | 24 | 0 | 48,0% |
| | 4 | 10 | 0 | 54 | 0 | 33 | 0 | 64,0% |
| | 5 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | - |
| | 6 | 1 | 61 | 0 | 0 | 1 | 0 | - |
| 14h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 12 | 0 | 29 | 0 | 22 | 0 | 41,0% |
| | 4 | 18 | 0 | 40 | 0 | 33 | 0 | 58,0% |
| | 5 | 19 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | - |
| | 6 | 18 | 47 | 0 | 0 | 23 | 0 | - |
| 16h00min | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | - |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 3 | 17 | 0 | 15 | 0 | 11 | 0 | 32,0% |
| | 4 | 23 | 0 | 36 | 0 | 35 | 0 | 59,0% |
| | 5 | 26 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | - |
| | 6 | 17 | 49 | 0 | 0 | 14 | 0 | - |

EE: em estação; A: alimentando-se; D: deitados; IA: ingerindo água; RUM: ruminando; OFG; ofegante; TX CA: taxa de ocupação das baias.

O TCON apresentou também o maior número de animais ingerindo ou próximos ao bebedouro ao longo do dia; as 14h00min e 16h00min foram encontrados 21 e 25 animais, respectivamente. O maior consumo de água foi no período da tarde em todos os tratamentos, horário no qual os animais estavam sob maior desconforto, e

buscavam ingerir água para auxiliar na termorregulação (MULLER, 1989). Laganá et al. (2005) relataram maior ingestão de água nos animais do grupo controle frente ao SRAE, corroborando os resultados desta pesquisa.

O número de animais deitados nas horas mais críticas do dia (14h00min e 16h00min) foi maior no TVEN, e este posicionamento deitado evidencia que estejam ruminando ou em ócio (ALMEIDA et al., 2013). As vacas, as quais apresentaram maior número de ruminação foram encontradas no TVEA, logicamente devido a maior ingestão de alimentos ao longo do dia. O menor número de animais em ócio e ruminação são indicativas de comportamento para reduzir a produção de calor endógeno numa tentativa de amenizar o estresse calórico (PIRES et al., 2001). As taxas de ocupação de camas foram melhores no TVEN ao longo dos horários, onde incluíram-se apenas os animais deitados, corroborando Cook et al. (2005) com resultados do mesmo.

No TCON o número encontrado de ruminação foi inferior ao TVEN e TVEA, sinal de que os animais estavam em um estresse térmico, afim de diminuir a produção de calor; totalmente contrário do TVEA onde foram encontrados os resultados de maior número de animais ruminando (média total 34,05%), além dos números alimentando-se, indicação visível do melhor conforto térmico que estes animais tinham neste sistema.

O TCON apresentou o maior número de animais ofegantes, este é um sinal clássico de que o animal está em estresse térmico. O aumento da frequência respiratória é uma das principais medidas fisiológicas termorreguladoras no controle da temperatura corporal frente ao estresse térmico que o animal sofre pelo aumento dos índices climáticos desfavoráveis aos mesmos. No horário das 14h00min, encontrava-se 42 animais ofegantes, quase 23 % dos animais, percentual muito alto e evidente do desconforto térmico nos animais. A ofegação pode aumentar o calor endógeno em função da atividade muscular, e desviar energia de outros processos metabólicos (ROSSAROLLA, 2007).

O TVEA não apresentou em nenhum dos períodos animais ofegantes ao longo dia, ao contrário dos TCON e TVEN. Mesmo com temperaturas e índices mais baixos o TVEN obteve animais com ofegação, indicação evidente de que apenas o sistema de ventilação não conseguiu auxiliar os animais na dissipação de calor. De acordo com Columbiano (2007), os mecanismos da frequência respiratória e ofegação,

resultam em aumento da manutenção diária dos bovinos de leite de 7 para 25 %, o que resultará em calor.

Na Figura 8 é possível visualizar as frequências dos animais em seus comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D) e ingerindo água (IA). Conforme as frequências encontradas em ambos os tratamentos é possível elucidar o melhor desempenho do TVEA frente aos TVEN e TCON. No horário das 16h00min no TVEA foi o segundo período onde encontraram-se mais EE, isto foi devido aos animais procurarem a linha de alimentação para dissiparem o calor neste horário com sistema de aspersão, consequentemente foi também neste tratamento que obteve-se o maior número de animais alimentando-se, no mesmo horário.

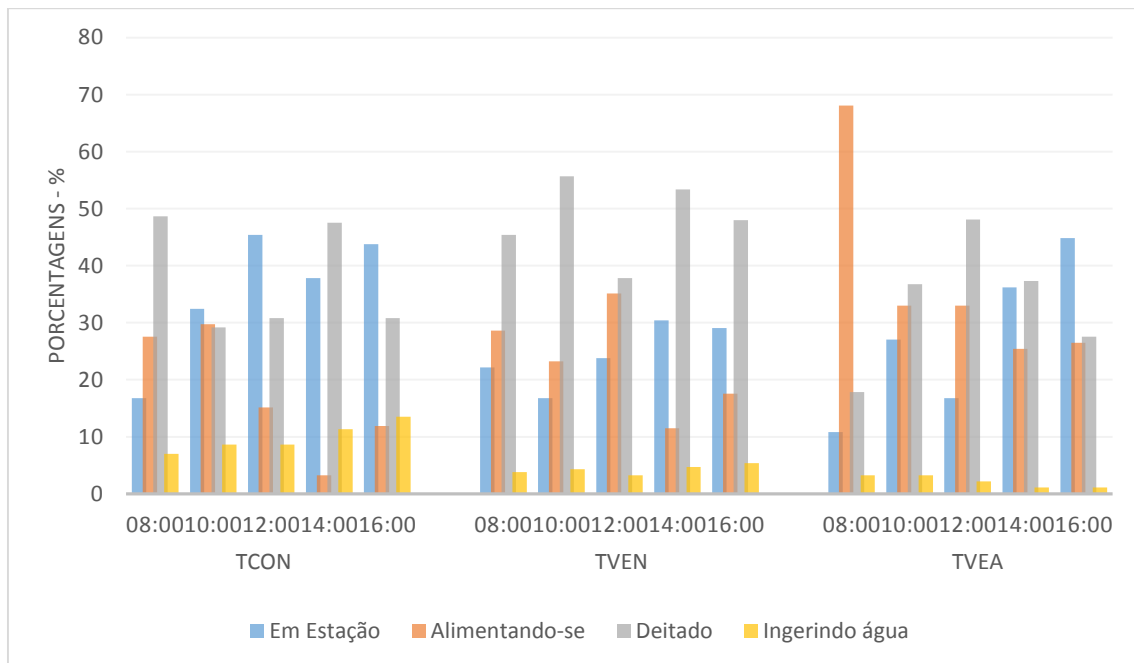


Figura 8. Porcentagem dos comportamentos: em estação (EE), alimentando-se (A), deitados (D) e ingerindo água (IA), observados nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

A Figura 8 ilustra o estresse térmico no TCON pela grande porcentagem de animais em estação e na ingestão de água, e poucos animais alimentando-se ao longo do dia. A distribuição homogênea dos animais em seus comportamentos frente ao TVEA, ao evidenciar que este tratamento possibilitou condições climáticas

(temperaturas, umidade e índices) mais confortáveis, analisados e fundamentados pelos sinais comportamentais e produção que os mesmos atingiram.

5.10. Glicemia e Hematócrito

De acordo com a tabela o TCON apresentou os menores níveis glicêmicos no D4 e o TVEN no D9, em ambos os comportamentos exceto quando o animal apresentava deitado. O baixo nível de glicose em alguns comportamentos (A, D e IA) nos TCON e TVEN deve-se ao estresse térmico sofrido, onde a utilização de glicose aumenta devido ao consumo pelos tecidos musculares e a respiração, e o alto nível plasmático de insulina circulante pelo estresse calórico.

Fraser (1991) ressalta que os níveis considerados normais de glicose circulante em vacas leiteiras estão entre 42 e 74 mg/dl, variação está considerada normal. Apenas o animal alimentando-se do TVEN, comportamento deitado com 78,2 mg/dl ficou acima do limite, resultado que possa ter ocorrido devido a alimentação, elevando assim o nível sérico na hora da coleta e análise.

TABELA 13. Níveis de glicose plasmática (mg/dl) e hematócrito observados nos sistemas de climatização controle (TCON), nenhum sistema de resfriamento, com ventilação (TVEN) e ventilação associada à aspersão (TVEA) em instalação do tipo *free stall* para bovinos leiteiros em lactação:

| | | D4 | | | D9 | | |
|-------------|----|------|------|------|------|------|------|
| | | TCON | TVEN | TVEA | TCON | TVEN | TVEA |
| Glicose | EE | 61 | 64 | 67 | 62 | 57 | 68 |
| | A | 55 | 78 | 64 | 72 | 56 | 65 |
| | D | 57 | 70 | 56 | 57 | 59 | 67 |
| | IA | 59 | 72 | 66 | 58 | 55 | 65 |
| Hematócrito | EE | 23 | 25 | 24 | 24 | 25 | 23 |
| | A | 26 | 23 | 26 | 22 | 23 | 25 |
| | D | 25 | 25 | 22 | 23 | 23 | 26 |
| | IA | 25 | 19 | 22 | 14 | 22 | 25 |

EE: em estação; A: alimentando-se; D: deitados; IA: ingerindo água.

D4: dia 5 de cada tratamento; D9: dia 10 de cada tratamento.

A baixa quantidade de glicose circulante prejudica a produção leiteira, pois devido a sua concentração não ocorre mobilização para o tecido mamário prejudicando a produtividade e composição do leite, baixa lactose. Além de prejuízos

produtivos, estes animais do tratamento controle tiveram uma exposição prolongada ao estresse térmico, e Du Preez (2000), ressalta que animais a exposição prolongada diminuem os níveis de cortisol plasmático, conseqüentemente ocorre a diminuição da glicose na corrente sanguínea devido a essa diminuição desse glicocorticóide, diminuindo o estímulo da neoglicogênese, precursora do aumento de glicose sintetizada pelo fígado.

Os maiores níveis de glicose foram encontrados no TVEN e TVEA, nos dias D4 e D9 respectivamente. As concentrações no TVEN são resultados de altos índices pluviométricos que ocorreram e conseqüentemente melhoraram TBS, UR, TGN, ITU e ITGU, assim os animais sofram pouco ou nenhum estresse neste dia ou dias anteriores. De acordo com Christison & Johnson (1972), o cortisol plasmático aumenta dentro de vinte minutos após a exposição ao estresse térmico e atinge o seu pico dentro de duas horas. Sinal evidente pois no D9 foram os animais que apresentaram as menores concentrações de glicose em três dos quatro (75 %) comportamento, com apenas os animais deitados.

No TVEA foi possível visualizar que os animais possuíam uma concentração plasmática de glicose superior aos outros tratamentos, principalmente no D9, evidenciando a eficiência do sistema de aspersão. A média foi de 66,5 mg/dl em ambos os comportamentos, acima do TCON e TVEN com 62,6 e 57,1 mg/dl respectivamente. Concentração plasmática evidente do estresse, reduzido ou nenhum, que os animais sofreram neste tratamento.

Batista (2013) em pesquisa encontrou concentrações de 71,90 mg/dl em animais $\frac{3}{4}$ holandês e 75,67 mg/dl em vacas $\frac{7}{8}$ holandês, com condições climáticas elevadas. Haida et al. (1996) observou níveis séricos de 71,16 mg/dl em vacas lactantes da raça Holandesas, entre o 3 e 4º meses de lactação, na região oeste do Paraná.

Os hematócritos apresentaram resultados muito similares independentemente do tratamento, apenas nos animais ingerindo água do TVEN e TCON, 19 e 14 %, respectivamente. Leggi (1998) ressalta que os níveis de hematócrito sanguíneo normais são entre 33 e 35%, na maioria dos hematócritos estavam abaixo dos limites com uma leve anemia, variação de reduções consideradas normais por fatores que possam contribuir para que ocorram isso, como produção leiteira, dieta fornecida, fase de lactação e estresse térmico sofrido.

Além da diminuição nas células sanguíneas, as elevadas temperaturas contribuem para a vasodilatação, este mecanismo propicia o fluxo sanguíneo mais rápido e menor acúmulo de eritrócitos, e conseqüentemente diminuem os valores encontrados. D'arce & Castro (1985) encontraram resultados normais em temperaturas amenas (máximo 24 °C), com níveis acima de 32 %. Os resultados de hematócrito (D9) evidenciam a influência do estresse calórico sobre essa variável, os animais nos tratamentos TCON e TVEN apresentaram uma ligeira queda em relação ao TVEA, especificamente por apresentarem um estresse térmico mais elevado e conseqüentemente diminuição destes valores de hematócrito.

O estresse térmico tem forte influência no perfil hematológico e níveis plasmáticos séricos, pois os animais utilizam-se de todos os seus mecanismos disponíveis, em especial fisiológicos, para que seja possível a dissipação de calor e controle da temperatura corporal sem que ocorra prejuízo a fisiologia do animal e sua produtividade. Um ambiente térmico estressante afeta a concentração hormonal, atividades enzimáticas e respostas hematológicas e bioquímicas, que evidenciam alterações ao indicar as possíveis falhas na manutenção da homeostasia do animal na condição climática imposta (FAÇANHA et al., 2013).

6. CONCLUSÃO

O sistema de resfriamento evaporativo com ventilador e aspersor mostra-se mais eficiente que o uso de ventilador ou ausência de sistemas de climatização, este sistema propicia aumento na produtividade, melhores condições termohigrométricas, menores frequências respiratórias, menores temperaturas de pelame, melhores condições de conforto e bem-estar térmico aos animais; em sistemas de produção do tipo *free stall*.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B. P.; PEREIRA, D. F.; GULEIDIANA, C. G.; ALMEIDA, A. P. Comportamento, produção e qualidade do e leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.892-899, 2013.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G. A. P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.754-760, 2011.

ARCARO, J. R. P.; ARCARO, I.; POZZI, C. R.; MATARAZZO, S. V.; DIB, C. C.; FAGUNDES, H.; COSTA, E. O. Efeitos do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em *free-stall* sobre as respostas fisiológicas de vacas em lactação. **B. Industr. Anim.**, v.63, n.4, p.209-215, 2006.

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.

AVENDAÑO-REYES, L.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F. D.; CORRE-CALDERÓN, A.; ALGÁNDAR-SANDOVAL, A.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, E.; PÉREZ-VELÁZQUEZ, R.; MACÍAS-CRUZ, U.; DÍAZ-MOLINA, R. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambiente conditions. **Livestock Science**, v.132, p.48-52, 2010.

AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D. M.; MÜLLER, E. R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, v.14, n.14, p.2878-2884, 2013.

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

BAÊTA, F.C. Instalações para gado leiteiro na região do mercosul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade de Biometeorologia, 1998. p.162-73.

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

BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperatura, humidity and velocity in the warm season**. 1985. 218f. Tese (Doutorado em Ambiência Animal) – Agricultural Engeneering Department, University of Missouri, Columbia, 1985.

BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Vol.26, n.1, p.115-

122, 2004.

BATISTA, D. M. Desempenho produtivo de vacas $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ holandês x zebu criadas em condições de clima quente. São Cristovão, SE, 2013. (Dissertação de Mestrado).

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. In: McGUIRE, M. A.; BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. BUONOMO, F. C. DeLORENZO, M. A.; WILCOX, C. J.; HUNTINGTON, G. B.; REYNOLDS, C. K. Effects of acute thermal stress and amount of feed intake on concentrations of somatotropin, insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-II, and thyroid hormones in plasma of lactating Holstein cows. **Journal Animal Science**, v.69, p.2050-2056, 1991.

BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.3, p.488-95, 1985.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v.9, n.2, p.1-11, 2004.

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. Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.56-174.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. St. Joseph, MI, USA. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; SANTOS, W. B. R.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T. Caracterização do microambiente em seção transversal de um galpão do tipo “free-stall” orientado na direção norte-sul. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.1-8, 2004.

CAMPOS, A. T. **Importância da água para bovinos de leite**. Qualidade do Leite e Segurança Alimentar. Embrapa Gado de Leite. Instrução Técnica para o produtor de leite. 2003.

CAMPOS, A.T.; KLOSOWSKI, E.S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A.T. Estudo do potencial de redução da temperatura do ar por meio do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na região de Maringá-PR. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.24, n.5, p.1575-1581, 2002.

CARGILL, B. F.; STEWART, R. E. Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of holstein cows. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 9, n.5, p.702-707, 1966.

CARRASCO, G. A.; VAN DE KAR, L. D. Neuroendocrine Pharmacology of Stress. **European Journal of Pharmacology**, v. 463, p. 235-272, 2003.

CECCHIN, D.; CAMPOS, A. T.; PIRES, M. F. A.; LIMA, R. R.; JUNIOR, T. Y.; SOUZA, M. C. M. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo free-stall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.109-115, 2014.

CERQUEIRA, J. L.; ARAÚJO, J. P.; SORENSEN, J. T.; NIZA-RIBEIRO, J. Alguns indicadores de avaliação de bem-estar em vacas leiteiras – revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.106, p.5-19, 2011.

CHRISTISON, G. I.; JOHNSON, H. D. Cortisol turnover in heat-stressed cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.35, n.5, p.1005-1010, 1972.

COOK N. B.; BENNETT T. B.; NORDLUND K. V. Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v.88,p.3876-3885, 2005.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1244-1253, 2006.

COLUMBIANO, V.S. Identificação de QLT nos cromossomos 10, 11 e 12 associados ao estresse calórico em bovinos. 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento Animal). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2007. In:

CORREA-CALDERÓN, A.; AVENDAÑO, L.; VILLANUEVA, A. R.; ARMSTRONG, D. V.; SMITH, J. F.; DENISE, S. K. Efecto de un sistema de enfriamiento en la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico. **Agrociencia**, v. 36, p.531–535. 2002.

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

DAMASCENO, J. C.; JÚNIOR, B. F.; TARGA, J. A. Respostas comportamentais de vacas Holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. **Pesquisas Agropecuárias Brasileiras**, Brasília, v.34, n.4, p.709-715, 1999.

DAMASCENO, J.C.; BACCARI JR., F.; TARGA, L.A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3. p.595-602, 1998.

D'ARCE, R. D.; CASTRO, F. B. Influência da temperatura ambiente sobre o hematócrito de vacas lactantes. v.42, n.2, p.429-435, **Anais...** 1985.

DIAS E SILVA, T. P.; JÚNIOR, S. C. S. Produção de leite de vacas submetidas a diferentes períodos de exposição à radiação solar no sul do Piauí. **Revista Agrarian**. V.6, n.21, p.320-325, 2013.

DU PEREZ, 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.

FAÇANHA, D. A. E.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; VASCONCELOS, A. M.; COSTA, W. P.; GUILHERMINO, M. M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.91-103, 2013.

FAÇANHA, D. A. E.; SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; GUILHERMINO, M. M.; VASCONCELOS, A. M. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.837-844, 2010.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DESPRES, P. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta a base de feno durante um período de seis meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.5, p.1032-1038, 1997.

FILHO, F. P. S. Adaptabilidade ao calor e índices ambientais para vacas de raça Holandesa no Semiárido. Recife, 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia).

FLAMENBAUM, I.; WOLFENSON, D.; MANEN, M. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.12, p.3140-7, 1986.

FRASER, C. M. **Manual merck de veterinária**. 6 ed. São Paulo: Roca, 1991.

FREITAS, M. D.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; LAGE, A. P.; HEINEMANN, M. B.; FACURY FILHO, E. J. Equilíbrio eletrolítico e ácido-base em bovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2608-2615, dez, 2010.

HABEEB, A. L. M.; MARAY, I. F. M.; KAMAL, T. H. **Farm animals and the environment**. Cambridge: CAB, 1992. 428 p.

HAIDA, K. S.; DIAZ GONZÁLEZ, F. H.; PARZIANELLO, N. Estudo do perfil metabólico de um rebanho leiteiro do oeste do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.17, n.1, p.72-76, 1996.

HAHN, G. L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados**. Funep. 1993. 28p.

HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environments. In: YOSEF, M. K. Stress physiology in livestock. Boca Raton: CRC PRESS, 1985, p.151-174.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: International Livestock Environment Symposium, 5., Minnesota, 1997. **Proceedings**. St. Joseph: ASAE, 1997. p.125-129

HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, **Anais**. Jaboticabal: SBBiomet, 1995. p. 26-68.

HUBER, H. Manejo de animais em sistema de estabulação livre visando maximizar o conforto e a produção. In: Congresso, Brasileiro de Gado Leiteiro, 2, **Anais...** Piracicaba 1995, p.41-68.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v.40, p.1-71, 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p.

JOHNSON, H. D.; RAGSDALE, A. C.; BERRY, I. L. et al. **Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle**. Columbia:Missouri Agricultural Experimental Station, 1962 (Research Bulletin, 791).

JOHNSON, H. D. **Bioclimatology and adaptation of livestock**. Amsterdam: Elsevier, 1987. 279p.

JÚNIOR, I. A.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAVA, C. D.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, J. E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.639-643, 2005.

KENDALL, P. E.; NIELSEN, P. P.; WEBSTER, J. R.; VERKERK, G. A.; LITTLEJOHN, R. P.; MATTHEWS, L. R. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. **Livestock Science**, v.103, p.148-157, 2006.

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

LAGANÁ, C.; BARBOSA JÚNIOR, A. M.; MÉLO, D. L. M. F.; RANGEL, J. H. A Respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.6, p.67-76, 2005.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVEM, M. J.; AROREIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças HolandêsxZebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.29, n.3, p.668-675, 2005.

LEGGI, T. C. S. S.; SANTOS, G. T.; FURLAN, A. C.; SAKAGUTI, E. S.; RIBAS, N. P.; MIRA, R. T.; VEIGA, D. R.; BETT, V. Utilização do farelo de canola (*Brassica napus*) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.770-776, 1998.

MARCHETO, F. G.; NÄÄS, I. A.; SALGADO, D. A.; SOUZA, S. R. L. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, n.6, p.320-323, 2002.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JR. H.; SILVA, S. L.; MARCONATO, A. P. Correlações entre temperaturas corporais de bovinos leiteiros obtidas em diferentes pontos anatômicos. In: Reunião de la Asociación latino Americana de Producción Animal, 29. Tampico, 2005, **Anais...**Tampico.

MARTELLO, L. S.; JÚNIOR, H. S.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.181-191, 2004.

MARTINS, G. S.; CARDOSO, A. V.; PEREIRA, M. H.; MARCONDES, G. A. Influência do fibrinogênio bovino na adesão e agregação eritrocitária. **Revista Matéria**, v.12, n.1, p.193-205, 2007.

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S. A.; MOURA, D. J.; ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P. Monitoramento eletrônico das respostas comportamentais de vacas em lactação alojadas em freestall climatizado. **Revista Brasileira de Biosistemas**, v.1, p.40-49, 2007.

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S. A. A. Intermittência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.654-662, 2006.

MATARAZZO, S. V. Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento tipo freestall para vacas em lactação. 2004. 143p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. UFRRJ. Instituto de zootecnia. 1997. 126p.

MULLER, R. P. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Sulina, 1989.

NÄÄS, I. A.; JÚNIOR, I. A. 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**, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NÄÄS, I. A. Tipologia de instalações em clima quente. In: Simpósio Brasileiro de Ambiente na Produção de Leite. Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. P.146-155.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. 1 ed. São Paulo: Icone Editora Ltda., 1989, 183p.

NASCIMENTO, G. V.; CARDOSO, E. A.; BATISTA, N. L.; SOUZA, B. B.; CAMBUÍ, G. B. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.4, p.28-36, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ed. Washington, 2001. 381p.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N.; OLIVEIRA, S.M.P.; MOURA, A.A.A.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santas Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

PACHECO, W. F.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B. R.; LIMA, F. W. R. A cadeia produtiva do leite: um estudo sobre a organização da cadeia e análise de rentabilidade de uma fazenda comopção de comercialização de queijo ou leite. **RRCF**, Fortaleza, v.3, n.1, 2012.

PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1492-1498, 2009.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, p.117-126, 2007.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; LIMA, K. A. O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p.663-671, 2006.

PERISSINOTTO, M. Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo “*freestall*” para confinamento de gado leiteiro. Piracicaba, USP, 2003. 122p. (Dissertação de Mestrado)

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: Congresso Nordestino e produção de ruminantes e não ruminantes, 2., 2000, Teresina. **Anais**. Teresina: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2000. p.87-105.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H.; CAMPOS, A. T. **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**, 1a ed. Juiz de Fora: Embrapa, 2003.

SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System: release 6.08, (software). Cary, 1992. 620p.

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. Funep, Jaboticabal, SP. 2008.

SILVA, O. J. I.; PANDORFI, H.; ARCARO, I.; PIEDADE, S. M. S.; MOURA, J. D. Efeitos da Climatização do Curral de Espera na Produção de Leite de Vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2036-2042, 2002.

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

SILVA, R. G. Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1403-1411, 1999.

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

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. O efeito do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.3, p.06-10, 2012.

SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.06, n.2, p. 59-65, 2010.

SOUZA, S. R. M. B. O.; ÍTAVO, L. C. V.; RÍMOLI, J.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M. comportamento ingestivo diurno de bovinos em confinamento e em pastagens. **Archives of Zootecnia**, 56 (213):67-70. 2007.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MARCHETO, F. G.; SALGADO, D. D. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento "freestall" para bovinos de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.299-303, 2004.

STAPLES, C. R. Alimentação de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: Anais do 13 Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos; 2009, Uberlândia. **Anais...Uberlândia:Conapec Jr**; 2009. P.42-58.

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

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite – revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v.20, n.3, 2013.

ROSSAROLLA, G. Comportamento de vacas leiteiras da raça Holandesa, em pastagem de milheto com e sem sombra. Santa Maria, RS, 2007. (Dissertação de Mestrado).

ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L.; VERNIS, S. B. Human and animal biometeorology. In: Microclimate, the biological environment. New York: Wiley- Interscience Publication, 1983. p.423-467.

TOSETTO, M. R.; MAIA, A. P. A.; SARUBBI, J.; ZANCANARO, B. M. D.; LIMA, C. Z.; SIPPERT, M. R. Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal Animal Behavior Biometeorologic**, v.2, n.1, p.610, 2014.

TURNER, L. W. Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling. **Applied Engineering in Agriculture**, Kansas, v.8, n.3, p.375-379, 1992.

WEST, W. J. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal Animal Science**, v.77, suppl. 2, p.21-35,1999.