

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DIEISSON GREGORY GRUNEVALD

**MICROCLIMA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE NOVILHAS DA RAÇA
HOLANDÊS**

Marechal Cândido Rondon – PR

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DIEISSON GREGORY GRUNEVALD

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Área de Concentração: Produção e Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maximiliane Alavarse Zambom

Marechal Cândido Rondon – PR

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DIEISSON GREGORY GRUNEVOLD

**MICROCLIMA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE NOVILHAS DA RAÇA
HOLANDÊS**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Área de Concentração: Produção e Nutrição Animal. Orientador: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski. Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom

Marechal Cândido Rondon, _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski

Orientador – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom

Coorientadora - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Dr.^a Aparecida da Costa Oliveira

Membro - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Dr. Loreno Egídio Taffarel

Membro externo – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR)

A Deus, pelo dom da vida

*Aos meus pais **Gilberto Grunevald** e **Marinês de Oliveira Grunevald**, a quem tanto amo e admiro.*

Obrigada por todo amor, respeito, confiança e incentivo.

*Ao meu irmão, **Felipe Grunevald**, pela amizade e parceria que nos une.*

*À minha namorada, **Jaqueline Laura Muller**, pelo companheirismo, confiança, incentivo e principalmente Amor sincero e verdadeiro.*

E a todos meus amigos, pela ajuda e por acreditarem em mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre se fazer presente em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Gilberto Grunevald e Marinês de Oliveira Grunevald, meu irmão Felipe Grunevald e à minha namorada Jaqueline Laura Müller, pela compreensão e companheirismo que tiveram durante todos os momentos ausentes e difíceis, que compartilhei com vocês. Também por todo amor, carinho e incentivo que sempre me proporcionaram. Agradeço também aos meus Sogros, Bruno e Lúcia Müller por todo apoio e incentivo.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela disponibilidade de realização deste trabalho e por ser fonte de conhecimento e difusora de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski, pela orientação, paciência, ensinamentos, parceria profissional e principalmente, por ter acreditado em mim e em meu trabalho.

À professora Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom, pela coorientação, pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho e por ceder o setor de bovinocultura de leite e animais para o desenvolvimento do projeto.

Ao professor Dr. Claudio Yuji Tsusumi, pela dedicação e paciência, me auxiliando com a estatística, além das contribuições ao longo do trabalho.

À Dr.^a Aparecida da Costa Oliveira pelo apoio e contribuições ao longo deste pesquisa.

Ao professor Dr. Leandro Castilha, pela amizade e contribuições ao longo do trabalho.

Ao Paulo Henrique Morsch, secretário do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIOESTE, pela dedicação, disponibilidade e respeito sempre.

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

O que é sucesso?

Rir muito e com frequência;

Ganhar o respeito das pessoas inteligentes e o afeto das crianças;

Merecer a consideração de críticos honestos e suportar a traição de amigos falsos;

Apreciar a beleza, encontrar o melhor nos outros;

Deixar o mundo um pouco melhor, seja por uma saudável criança, um canteiro de jardim ou
uma redimida condição social,

Saber que ao menos uma vida respirou mais fácil porque você viveu

Isso é ter sucesso! (**Ralph Waldo Emerson**)

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
Lembraí-vos de que as grandes coisas do homem
Foram conquistadas do que parecia impossível

Charles Chaplin

RESUMO

GRUNEVALD, D.G. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março 2017. **MICROCLIMA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDÊS**. Orientador Dr. Élcio Silvério Klosowski.

O presente estudo foi subdividido em dois ensaios. O primeiro ensaio teve como objetivo avaliar por meio de índices de conforto térmico dois ambientes distintos (*free stall* e piquete) das 07:00 às 16:00 horas considerando a cobertura de céu ensolarado, parcialmente nublado e nublado. O segundo ensaio teve como objetivo avaliar parâmetros fisiológicos de novilhas da raça holandês alocados em piquetes com exposição a pleno sol e com disponibilidade de sombra (*Free stall*) por duas horas a partir das 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas em dias não consecutivos também considerando os três tipos de cobertura de céu. Os ensaios foram realizados no município de Marechal Cândido Rondon – PR, nos meses de julho e agosto de 2016. Para a avaliação dos parâmetros fisiológicos foram utilizadas nove novilhas da raça holandês preta e branca, com idade média de $20 \pm 3,5$ meses e massa corporal média de $490 \pm 64,12$ kg e em média no 5º mês de prenhes. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. As variáveis fisiológicas avaliadas foram: Frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR) e temperatura de superfície (TS). Os dados de temperatura do ar, temperatura de globo negro, umidade relativa e velocidade do vento foram coletados e utilizados para a determinação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR). Neste estudo, verificou-se que o *free stall* apresentou ambiente térmico mais adequado, especialmente quando associado a cobertura de céu do tipo nublado, apresentando $ITU = 62$, $ITGU = 64$ e $CTR = 412 \text{ W m}^{-2}$ quando comparado a condição a pleno sol com $ITU = 76$, $ITGU = 83$ e $CTR = 754 \text{ W m}^{-2}$. Os parâmetros fisiológicos apresentaram variação de acordo com o momento de entrada e o tempo de exposição à sombra. No entanto, permaneceram dentro dos limites normais para bovinos, em todos os tipos de cobertura do céu. A temperatura de superfície corporal foi o único parâmetro fisiológico que apresentou forte correlação positiva ($r > 0,5$) com ITU, ITGU e CTR. A temperatura de superfície corporal em áreas de pelagem escura do animal foi significativamente maior ($< 0,05$) que a observada nas áreas de pelagem clara. Não houve interação significativa para o momento de entrada e o tempo de permanência à sombra entre os tipos de cobertura do céu, para nenhum dos parâmetros fisiológicos (FC, FR, TS e TR) avaliados. Desta forma, se pode concluir que embora no piquete sob condição ensolarada, no período da tarde, o ambiente térmico foi caracterizado como crítico, como mostram os índices

de conforto térmico, não houve alteração significativa nos parâmetros fisiológicos dos animais.

Palavras-chaves: Bovinocultura de leite, conforto térmico, *free stall*, índices, parâmetros fisiológicos

ABSTRACT

GRUNEVOLD, D.G. Masters in Animal Production. Paraná West State University. March, 2017. **MICROCLIMATE AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF DUTCH HEIFERS.** Advisor: Dr. Élcio Silvério Klosowski

The present study was subdivided into two trials. The first test had as objective to evaluate by means of indices of thermal comfort two distinct environments (free stall and picket) from 07:00 to 16:00 hours considering the sunny, partly cloudy and cloudy sky. The second objective was to evaluate the physiological parameters of Dutch heifers allocated to pickets with full sun exposure and free stall for two hours from 11:00, 12:00, 13:00 and 14:00 hours on non-consecutive days also considering the three types of sky coverage. The tests were carried out in the municipality of Marechal Cândido Rondon - PR, in the months of July and August of 2016. For the evaluation of the physiological parameters, nine heifers of the black and white Dutch breed were used, with mean age of 20 ± 3.5 months and mean body mass of 490 ± 64.12 kg and on average in the 5th month of pregnancy. The experimental design was completely randomized with time-repeated measures. The physiological variables evaluated were: Respiratory rate (RR), heart rate (HR), rectal temperature (RT) and surface temperature (ST). The data on air temperature, black globe temperature, relative humidity and wind speed were collected and used to determine the temperature and humidity index (THI), black globe humidity index (BGHI) and radiant heat load (RHL). In this study, it was verified that the free stall presented a more adequate thermal environment, especially when associated with cloud cover, presenting $THI = 62$, $BGHI = 64$ and $RHL = 412 \text{ W m}^{-2}$ when compared to full sun conditions with $THI = 76$, $BGHI = 83$ and $RHL = 754 \text{ W m}^{-2}$. The physiological parameters presented variation according to the moment of entry and the time of exposure to shade. However, they remained within normal limits for cattle, in all types of sky cover. The body surface temperature was the only physiological parameter that presented a strong positive correlation ($r > 0.5$) with THI, BGHI and RHL. The body surface temperature in dark fur areas of the animal was significantly higher (< 0.05) than that observed in light coat areas. There was no significant interaction for the time of entry and the dwell time in the shade between the types of sky cover, for none of the physiological parameters (HR, RR, ST and RT) evaluated. In this way, it can be concluded that although the thermal environment was characterized as critical, as shown in the thermal comfort indices, there were no significant alterations in the physiological parameters of the animals in the picket under a sunny condition in the afternoon.

Keywords: Milk cattle, thermal comfort, free stall, indexes, physiological parameters

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Representação esquemática do horário de entrada e de permanência no *free stall* de novilhas da raça holandesa em condição ensolarada (EN), parcialmente nublada (PN) e nublada (NB), durante o período experimental. 32
- Figura 2: Índice de temperatura e umidade (ITU) no *free stall* (A) e piquete (B), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no *free stall* (C) e piquete (D) e carga térmica de radiação (CTR) no *free stall* (E) e piquete (F) em condições ensolarada (EN), nublada (NB) e parcialmente nublada (PN) das 07:00 às 16:00 horas..... 36

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (FR) em função do horário de entrada e permanência de novilhas da raça holandesa no <i>free stall</i> em condição de cobertura de céu ensolarada (EN), parcialmente nublada (PN) e nublada (NB) | 39 |
| Tabela 2: Temperatura retal (TR) e temperatura de superfície (TS) em função do horário de entrada e permanência de novilhas da raça holandesa no <i>free stall</i> em condição de cobertura de céu ensolarada (EN), parcialmente nublada (PN) e nublada (NB). | 39 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 17 |
| 2.1 | Microclima e fisiologia animal | 17 |
| 2.2 | Índices de conforto térmico | 19 |
| 2.3 | Sombreamento como forma de reduzir a carga térmica de radiação | 22 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |
| 3 | MICROCLIMA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDÊS..... | 27 |
| 3.1 | Introdução | 30 |
| 3.2 | Material e métodos..... | 31 |
| 3.2.1 | Local | 31 |
| 3.2.2 | Unidade experimental e manejo dos animais | 31 |
| 3.2.3 | Condições térmicas do ambiente e Índices bioclimáticos | 33 |
| 3.2.4 | Parâmetros fisiológicos..... | 34 |
| 3.2.5 | Análise estatística | 35 |
| 3.3 | Resultados e discussão..... | 35 |
| 3.3.1 | Ensaio I: Índices de conforto térmico | 35 |
| 3.4 | Conclusões | 42 |
| | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 45 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|------|--|
| CFA | - Clima temperado subtropical (mesotérmico) |
| CTR | - Carga térmica de radiação ($W m^{-2}$) |
| FC | - Frequência cardíaca (bat/min) |
| FR | - Frequência respiratória (mov/min) |
| ITU | - Índice de temperatura e umidade |
| ITGU | - Índice de temperatura de globo negro e umidade |
| TA | - Temperatura do ar ($^{\circ}C$) |
| TGN | - Temperatura de globo negro ($^{\circ}C$) |
| TS | - Temperatura de superfície ($^{\circ}C$) |
| UR | - Umidade relativa do ar (%) |
| Vv | - Velocidade do vento ($m s^{-1}$) |

1 INTRODUÇÃO

O animal de interesse zootécnico inserido em um ambiente de produção precário poderá não apresentar seu máximo desempenho produtivo e reprodutivo, pois apresentará respostas biológicas frente a agentes estressores. Neste sentido, o tempo atmosférico/meteorológico é um dos principais responsáveis por ocasionar estresse ao animal, especialmente para indivíduos não adaptados (BIANCHINI *et al.*, 2006), tanto em sistema extensivo e como no semi-intensivo.

Os bovinos são animais homeotermos e para apresentarem desempenho produtivo/reprodutivo adequado devem estar em um ambiente confortável do ponto de vista térmico. Quando este quesito não for atendido, o animal realizará ajustes comportamentais e fisiológicos com o objetivo de facilitar a expressão de seu fenótipo, frente aos aspectos anti-homeostáticos do ambiente (MARQUETO *et al.*, 2002).

O ambiente térmico pode ser avaliado por um conjunto de índices que correlacionam os principais elementos climáticos, como é o caso do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR).

A resposta do animal ao ambiente térmico, pode ser avaliada pela observação de parâmetros fisiológicos, como alterações nos valores basais de temperatura de superfície e corporal, frequências cardíaca e respiratória.

Logo, estar ciente de como os elementos e fatores do clima atuam sobre aspectos produtivos, permite ao responsável pelo sistema de criação analisar se o animal está em um ambiente confortável do ponto de vista térmico. Caso não, devem ser adotadas medidas de manejo deste ambiente para evitar perdas produtivas e reprodutivas no rebanho.

Uma solução para diminuir o estresse térmico ocasionado pela exposição dos animais às adversidades climáticas ocorre por meio do fornecimento de sombra. O sombreamento pode ser natural com a adoção de sistemas de integração pecuária-floresta ou artificial, como por exemplo, instalações do tipo *free stall* ou uso de sombrite.

Desse modo, o presente estudo foi subdividido em dois ensaios. O primeiro ensaio teve como objetivo avaliar os índices de conforto térmico de dois locais distintos (*free stall* e piquete) sob cobertura de céu ensolarado, parcialmente nublado e nublado no período de inverno. O segundo ensaio teve como objetivo avaliar os parâmetros fisiológicos de novilhas da raça holandês alocados em piquetes com exposição a pleno sol e com disponibilidade de

sombra por duas horas a partir das 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas em dias não consecutivos nas mesmas condições de cobertura de céu do primeiro ensaio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Microclima e fisiologia animal

Atualmente, um dos principais entraves para a melhoria da produtividade na atividade leiteira e na produção pecuária brasileira em geral é a falta de infraestrutura e investimentos em instalações ou sistemas que visam reduzir o desconforto ocasionado pela ação direta do clima, além da utilização de animais não adaptados.

A ação direta do clima está relacionada com alterações das características e funções fisiológicas dos animais, especialmente daqueles a pasto. Em um sistema extensivo (pasto) a exposição do animal ao sol e a outras intempéries durante várias horas do dia pode resultar em um estado de estresse (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

O estresse representa alteração gradativa dos mecanismos de defesa fisiológicos (estruturais e funcionais) que permitem ao indivíduo responder aos agentes estressores (BISPO; PEREIRA, 1994).

A maior susceptibilidade ao estresse térmico da raça holandês, (*Bos taurus*- origem europeia, regiões de clima temperado) principal raça utilizada para a produção de leite no Brasil, se deve a alta produtividade. Como consequência desse elevado rendimento, estes animais apresentam maior taxa metabólica, portanto, produzindo maior calor endógeno (DIAS; SILVA, 2012).

Os bovinos, animais homeotermos, apresentam como principal característica a termorregulação. A termorregulação trata-se então de uma adaptação evolutiva, que confere a categoria dos homeotermos funções fisiológicas que se destinam a manter a temperatura corporal constante dentro de uma faixa ideal, minimizando problemas provenientes da variação da temperatura ambiente (SILANIKOVE, 2000).

Esta faixa ideal de temperatura é denominada zona de conforto térmico, na qual não há desvio energético para a termorregulação (MARTELLO *et al.*, 2004). Logo, para que ocorra a homeotermia é necessário que haja um equilíbrio entre a termogênese (produção de calor), ganho e termólise (perda de calor), sendo mantida por meio de trocas de calor entre o animal e o ambiente, por mecanismos fisiológicos, metabólicos e comportamentais (BARBOSA *et al.*, 2004). Quando este equilíbrio não ocorre, o animal inicia de forma involuntária a termorregulação.

A termorregulação é um processo que se inicia com a vasodilatação ou vasoconstrição, modulando o fluxo sanguíneo periférico para a manutenção da temperatura corporal,

causando conseqüentemente uma alteração na temperatura de superfície de pele. Deste modo, a superfície corporal do animal é um componente de fundamental importância na dissipação do calor, pois a vasodilatação proporcionará maior fluxo sanguíneo para esta região, possibilitando maiores perdas de calor por condução, radiação e convecção (SOUZA *et al.*, 2005; SOUZA; BATISTA, 2012) e trocas evaporativas.

As trocas evaporativas se constituem um importante mecanismo de troca de calor nos casos em que a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura crítica superior, diminuindo a eficiência das perdas de calor sensível devido ao menor gradiente de temperatura entre a pele do animal e o ambiente (DELFINO *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2014; MEDEIROS *et al.*, 2015).

Contudo, mudanças na temperatura de superfície não dependem apenas das condições ambientais e suas variações, mas também de um conjunto das características morfológicas individuais (espessura, pigmentação da pele e pelame, entre outros) (SILVA, 1999).

O pelame escuro apresenta maior absorção e menor reflexão da radiação térmica ou seja, balanço radiante elevado (armazena maior quantidade de energia) em relação ao pelame branco. Este possui maior transmissividade para a radiação de ondas curtas e maior refletividade (MAIA; SILVA; BARTIPLAGLIA, 2003). No entanto, o balanço térmico de radiação em vacas holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical mostrou que animais predominantemente negros foram melhores protegidos contra a radiação de ondas curtas que os predominantemente brancos, especialmente quando a capa de pelame é pouco espessa (até 4 a 7 mm) (SOUZA, 1999).

A perda de calor latente ocorre por meio da sudorese e do trato respiratório (SOUZA *et al.*, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2015). Assim sendo, outro parâmetro fisiológico alterado na situação de estresse térmico é a frequência respiratória (SOUZA JÚNIOR *et al.* 2008),

Quando a frequência respiratória se mantém elevada por longos períodos, há risco de desidratação, especialmente para animais a pasto, que podem adotar o comportamento de não procurar por água ou que não tenha fácil acesso a ela.

Como resultado de um aumento nas atividades fisiológicas para a termorregulação, também há um aumento concomitante da frequência cardíaca (batimentos/min), melhorando também a condição de hormônios circulantes que atuam no processo de adaptação (NÃÃS; ARCARO JUNIOR, 2001).

Novilhas da raça holandês, submetidas ao estresse térmico pela exposição à radiação solar direta apresentaram valores de frequência cardíaca (batimentos/minuto) de 65 (quando mantidas no estábulo), 94 (no piquete) e 61 (quando reconduzidas ao estábulo). A temperatura retal observada desses animais foi de 39,12° C; 39,54 °C e 39,25 °C para os respectivos

tratamentos (SOUZA *et al.* 2010).

O outro parâmetro fisiológico alterado na condição de estresse térmico é a temperatura corporal (SOUZA, BATISTA, 2012), medida por meio da temperatura retal. Os limites ideais de temperatura corporal para bovinos de leite, são citados por Martello *et al.* (2004) como 37,5 °C a 39,3 °C. Por este motivo é frequentemente utilizada como índice de adaptabilidade fisiológica aos ambientes quentes, pois seu aumento representa que os mecanismos de termólise tornaram-se insuficientes, portanto, o animal acumula calor internamente por não conseguir dissipá-lo (SOUZA *et al.*, 2005).

As alterações nestes parâmetros fisiológicos podem ser facilmente detectados, provendo uma ferramenta de fundamental importância para verificar pontos críticos em um sistema de produção, para as tomadas de decisão com respeito à redução de estresse animal.

Os valores de referência destes parâmetros fisiológicos devem ser preferencialmente regionais devido à forte influência de condições ambientais específicas, como temperatura e radiação solar. Outros fatores como espécie, sexo, raça, idade, estado fisiológico, manejo alimentar (período, concentração energética da dieta, ruminação, quantidade), intensidade de estresse a que os animais estão submetidos e sua capacidade adaptativa, também poderão interferir nos valores fisiológicos basais (BROSH, 1998; SOUZA *et al.*, 2010).

2.2 Índices de conforto térmico

O ambiente térmico no qual um animal está inserido, é composto pela temperatura do ar e do solo, umidade relativa, velocidade do vento e a radiação. A ação de cada um desses elementos, de forma isolada ou em conjunto podem prejudicar a expressão de seu máximo potencial produtivo.

A energia térmica de radiação recebida pelos animais a pasto são provenientes das seguintes fontes: Radiação solar direta, e difusa, radiação refletida pelo solo, vegetação e objetos vizinhos, (ondas curtas) e radiação procedente da atmosfera e radiação emitida pelo solo e superfícies vizinhas (ondas longas) (SILVA, 1999).

A radiação solar representa um dos principais elementos climáticos, e varia de acordo com a latitude do local e tem efeito direto sobre o ambiente térmico dos animais, atuando principalmente sobre e em conjunto com a temperatura e umidade do ar (DELFINO *et al.*, 2012). A radiação solar atua diretamente sobre a temperatura do ar, pois esta varia de acordo com o saldo de radiação ou radiação líquida, representada pela soma do balanço de ondas

longas e balanço de ondas curtas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

No entanto, de toda a radiação solar que incide no topo da atmosfera sofrerá influência dos processos de reflexão, espalhamento e absorção. A nuvem constitui um importante agente nos processos de absorção e espalhamento de radiação solar, juntamente com as moléculas que compõem a atmosfera (PINA; SILVA; OLIVEIRA JUNIOR, 2010), influenciando no aspecto quantitativo de energia que chega a superfície terrestre (BOULIFA *et al.*, 2015).

Com relação às nuvens, existem vários tipos e cada tipo de nuvem apresenta características diferentes com relação à sua composição (quantidade e estado físico da água e distribuição e tamanho das gotículas), alterando desta forma a transmitância da radiação solar que chega a superfície (SOUZA, MARTINS e PEREIRA, 2006).

A presença de nuvem do tipo *stratus baixa* reduz a incidência de radiação solar, enquanto nuvens do tipo *cirrus alta* provocam menor influência na radiação incidente (VALIATI, 2001).

Como a presença de nuvens é constantemente mutável, o fator de fundamental importância dentro de um sistema produtivo que interfere na quantidade e no tipo de radiação solar que chega a superfície, são as instalações zootécnicas.

Em ambientes protegidos, como o *free stall* por exemplo, parte da radiação solar direta é absorvida pelo telhado da instalação. Assim sendo, o tipo de material utilizado em instalações/galpões para a atividade leiteira, devem possuir uma baixa condutividade térmica como principal característica, objetivando a melhora do ambiente térmico (PADILHA *et al.*, 2001).

Ainda de acordo com Padilha *et al.*, (2001), o conforto térmico promovido pela instalação dependerá de muitos fatores, tais como: Trocas térmicas convectivas pela ação do vento, por condução (por meio das paredes e o telhado), do calor que penetra na construção por incidência e também, o calor endógeno produzido pelos animais.

Delfino *et al.*, (2012) também descrevem que estresse calórico está relacionado com alta incidência de radiação solar em conjunto com altas temperaturas e umidade relativa, principalmente para animais sem provimento de sombra (natural ou artificial).

Assim como a radiação solar, a temperatura do ar é um dos principais elementos meteorológicos que condicionam o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos, pois atua sobre a velocidade das reações metabólicas no organismo. Os valores ideais de temperatura do ar para a criação animal dependem da espécie animal, bem como raça, idade, sexo, estágio fisiológico, entre outros e por este motivo vários autores citam faixas diferentes para bovinos. Huber (1990) cita a faixa de 4 a 26 °C como de conforto

térmico para vacas holandesas. Nääs (1989) afirma que a faixa de 13 a 18 °C é confortável para a maioria dos ruminantes, e destaca para vacas em lactação temperaturas entre 4 e 24 °. Cerruti *et al.*, (2013) relatam que animais da raça holandês exigem temperaturas ambiente entre 5 e 18 °C para a máxima expressão de seu potencial genético.

No entanto, essas faixas podem ser restringidas aos limites de 7 a 21 °C, em função da umidade relativa (60% – 70%) e da radiação solar (NÄÄS, 1989). Logo, em muitas regiões do Brasil, dependendo da época do ano, podem apresentar combinações de temperatura e umidade relativa do ar propiciando condições de ambiente térmico inadequado para muitas raças bovinas.

A umidade relativa (UR), descrita pela relação entre a quantidade de água contida no ar e a relação que poderia conter se estivesse saturado, a uma dada temperatura, é outro componente de extrema importância para avaliação do ambiente térmico, interferindo diretamente na termólise (CELESTINO, 2010).

O percentual de UR varia de acordo com a região, estação do ano, altitude, entre outros fatores, e por este motivo Silva (1999) alerta que se a região for úmida, elevados níveis de pressão de vapor do ar podem dificultar seriamente a evaporação cutânea e a respiratória, causando, assim, severo estresse de calor. Porém se a umidade for baixa, pode ocorrer desidratação e irritação na pele e mucosas, predispondo o animal a várias patologias causadas por nematoides, ácaros, fungos e bactérias.

Vários autores descrevem umidades ideais entre 60% e 70% e mencionam que em temperaturas acima da zona de conforto térmico, o principal meio de dissipação do calor é evaporativo. Esta forma de transferência de calor é dependente da umidade relativa do ar, pois quando a água evapora há remoção de calor latente (SILVA, 2000; NÄÄS, ÁRCARO JÚNIOR, 2001). Em condições de temperaturas elevadas e umidade baixa, o processo evaporativo se processa rapidamente, resultando em irritação cutânea e desidratação.

Desta forma, para avaliar o efeito ambiental e seu impacto sobre o bem estar animal não se pode tomar somente como base a temperatura do ar, tendo em vista que o ambiente é um sistema dinâmico, em que se deve considerar ação conjunta com outros componentes. Por este motivo foram criados índices de conforto térmico.

Os principais índices utilizados correlacionam os principais elementos climáticos como por exemplo, o índice de temperatura e umidade (ITU) que associa os efeitos da temperatura do ar ambiente e a umidade relativa do ar ou temperatura de ponto de orvalho.

Além da temperatura do ar, utiliza-se com frequência a temperatura de globo negro. Esta representa a temperatura radiante média de todas as superfícies com as quais é possível a

transferência de calor por radiação. A temperatura de globo negro é utilizada no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), sendo considerado como mais recomendado que o ITU em condições ambientais onde os animais são expostos a radiação solar (BAÊTA, SOUZA, 1997).

Outro índice de fundamental importância é o de carga térmica de radiação (CTR) que é definida, segundo Silva (2000), como a quantidade de energia térmica trocada por um indivíduo por meio de radiação com o ambiente e estes valores devem ser os menores possíveis em regiões quentes.

2.3 Sombreamento como forma de reduzir a carga térmica de radiação

Bovinos a pasto, em geral, possuem um acréscimo de calor corporal endógeno, resultado principalmente da absorção de calor oriundo da radiação solar. Este acréscimo pode resultar em estresse térmico (BAÊTA, SOUZA, 1997; RODRIGUEZ, SOUZA, PEREIRA FILHO, 2010).

O estresse térmico pode ser amenizado pelo sombreamento, cuja finalidade é proteger o animal principalmente da radiação térmica (SILVA, 2000) e permitir que desenvolvam o máximo potencial produtivo, especialmente em climas quentes (LIMA *et al.*, 2014). A impossibilidade de acesso à sombra provoca redução no desempenho produtivo de bovino de leite, principalmente pelo menor consumo de alimentos e também ao desvio energético para a termorregulação (MARCHETO *et al.*, 2002).

A redução do consumo pode estar relacionado também a mudanças comportamentais dos animais. Em um estudo realizado por Damasceno, Baccari Júnior, Targa (1998), vacas holandesas permaneceram de cinco a seis vezes mais no *free stall* com sombra constante do que no ambiente com sombra limitada. Contudo, a proteção da área de descanso contra a radiação solar direta na área de descanso não afetou os tempos médios de alimentação, ruminação, ócio e procura pelo bebedouro. Na horas mais quentes do dia há maior procura pela água e ócio mais frequente no período de maior radiação solar.

Da mesma forma, Souza *et al.*, (2010), reforça a ação protetora do sombreamento contra a radiação solar direta, principalmente em regiões tropicais, em que os autores observaram uma redução de 51% na Carga Térmica de Radiação em *free stall*.

Além do sombreamento artificial, o sombreamento natural proporcionado por árvores, se mostra uma alternativa para a redução dos valores dos índices de conforto térmico. Esta redução dependerá principalmente das espécie arbóreas utilizadas e da disposição estratégica

das mesmas na área de pastejo.

Guiselini, Silva, Piedade (1999) avaliando a qualidade das sombras proporcionadas por várias espécies arbóreas, concluíram que o Bambu (*Bambusa vulgaris*), por seu maior porte e projeção de sombra, resultou numa área sombreada maior e de melhor qualidade. A Leucena (*Leucaena leucocephala*) apresentou qualidade de sombra inferior, principalmente devido a sua copa rala e folhas delgadas. A *Melia azedarach* (Santa Babara) e *Terminalia catappa* (Chapéu de Sol) também foram avaliadas e apresentaram qualidade de sombra intermediária.

Com relação a disposição das árvores, Navarini *et al.*, (2009) avaliando bovinos da raça nelore a pasto observaram que o sombreamento proporcionado por pequenos bosques resultou em ambiente térmico mais confortável que a pleno sol. Nesta condição os valores de temperatura do ar foram de 26,9°C, ITU de 76, ITGU de 79 e CTR de 508 W m⁻², cuja constituição era predominantemente pela espécie Guajuvira (*Patagonula americana L.*). Para árvores isoladas formadas por goiabeiras (*Psidium guajava*) e laranjeiras (*Citrus X sinensis (L.) Osbeck*), a temperatura do ar foi de 28,6°C, ITU de 78, ITGU de 82 e CTR de 543 W m⁻². A pleno sol as condições observadas foram: Temperatura do ar de 30,5 °C, ITU de 80, ITGU de 84 e CTR de 571 W m⁻².

Os pequenos bosques formados por guajuvira resultaram em maior área sombreada. As árvores funcionam como uma barreira, evitando a incidência de radiação solar direta na área sob a copa, promovendo redução de até 11% na CTR em relação ao pleno sol. Os bovinos da raça nelore que tiveram sombra proporcionada por pequenos bosques apresentaram menores valores temperatura de superfície corporal (34,3°C), quando comparado aos animais que tiveram a disposição sombra proporcionada por árvores isoladas (34,7 °C) e à pleno sol (35,2°C).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAÊTA F.C., SOUZA C.F. **ambiências em edificações rurais**. Editora UFV, 1997.

BARBOSA O.R *et al.* Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 26, no. 1, p. 115-122, 2004

- BIANCHINI E. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p.1443-1448, set. 2006
- BISPO, D. L. N; PEREIRA, O. C. M. Importância do conhecimento das alterações induzidas pelo estresse, em animais domésticos. **Interciência**, v. 19, n. 2, p. 72-74, 1994.
- BOULIFA M., ADANE A., REZAGUI A., Estimate of the Global Solar Radiation by Cloudy Sky Using HRV Images. **Energy Procedia**. V. 74, 2015
- BROSH, A. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. **Journal of Animal Science**. v.76, p.3054–3064 1998.
- CELESTINO S.M.C. **Princípio de secagem dos alimentos**. Embrapa Cerrado. 1ª edição. Planaltina = DF. 2010
- CERUTTI, W. G. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. Salvador, v.14, n.3, p.406-412. 2013
- DAMASCENO J.C; BACCARI JUNIOR 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
- DELFINO L.J.B *et al.* Efeito do estresse calórico sobre o eritrograma de ruminantes. ACSA - **Revista científica no semiárido**. V. 8, n. 2, p. 01-07, 2012.
- DIAS e SILVA T.P. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí- **Revista Comunicata Scientiae**. p. 299-305, 2012
- GUISELINI, C; SILVA, I. J. O; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 380-384, 1999.
- HUBER, J.T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico**. **Bovinocultura** leiteira. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1990. p.33-48.
- LIMA C.B. *et. al.*, Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de ovinos em pastejo no semiárido. **Journal Animal Behaviour and Biometeorology** v.2, n.1, p.26-34 2014.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R.G.; BERTIPAGLIA, E.C.A. Características do Pelame de Vacas Holandesas em Ambiente Tropical: Um Estudo Genético e Adaptativo, **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.4, p.843-853, 2003
- MARCHETO F.G *et al.*, 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**., São Paulo, v. 39, n. 6, p. 320-323, 2002

- MARTELLO L.S *et al.*, 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
- MEDEIROS L.F.D. *et.al.*, Determinação dos parâmetros fisiológicos, gradiente térmico e índice de tolerância ao calor em diferentes raças de caprinos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**. 275-285, 2015.
- NAVARINI, F. C. *et al.*, Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.
- NÃÃS, I. de A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. 1 ed. São Paulo: Icone Editora Ltda., 1989, 183p.
- NÃÃS, I. de A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor - **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.139-142, 2001
- PADILHA, J.A.S., *et al.* Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.1-11, 2001.
- PEREIRA A. R; ANGELOCCI L.R; SENTELHAS P. C. **Meteorologia agrícola**. Edição Revista e Ampliada. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, SP Fevereiro de 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Sentelhas/publication/285651687_Agrometeorologia_Fundamentos_e_aplicacoes_praticas/links/5806560c08aeb85ac85f46ee.pdf Acessado em: 08/01/2017.
- PINA A., SILVA L.F., Mudanças climáticas: reflexões para subsidiar esta discussão em aulas de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de física**, v. 27, n. 3: p. 449-472, dez. 2010.
- RODRIGUES A.L; SOUZA B; PEREIRA FILHO J.M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido (ACSA)**. 6(2):14-22, 2010
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.
- 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
- SILVA, R.G. **Introdução a bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel; 2000. 286p.
- SOUZA B.B. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradientes térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semiárido – **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 1, p. 177-184. 2005

- SOUZA E. M.P, MARTINS F.R., PEREIRA E.B. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados (The significance of the cloud cover data and its variability - Methodology to data acquisition) **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 341-352, 2006.
- SOUZA JÚNIOR S.C *et al.*, Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em Região Semi-Árida. **Revista Científica de Produção Animal**. v.10, n.2, 2008
- SOUZA B.B *et al.* Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido**, v.06 p. 59 – 65 2010
- SOUZA B. B.; BATISTA N.L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p 06.-10, 2012
- VALIATI, M.I. Estimativa da Radiação Solar Global com Diferentes Partições para Região de Cascavel. 2001. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Unioeste, Cascavel, 2001.

3 MICROCLIMA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDÊS

Resumo: O presente estudo foi subdividido em dois ensaios. O primeiro ensaio teve como objetivo avaliar por meio de índices de conforto térmico, dois ambientes distintos (*free stall* e piquete) das 07:00 às 16:00 horas considerando a cobertura de céu ensolarado, parcialmente nublado e nublado. O segundo ensaio teve como objetivo avaliar parâmetros fisiológicos de novilhas da raça holandês alocados em piquetes com exposição a pleno sol e com disponibilidade de sombra (*Free stall*) por duas horas a partir das 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas em dias não consecutivos também considerando os três tipos de cobertura de céu. Os ensaios foram realizados no município de Marechal Cândido Rondon – PR, nos meses de julho e agosto de 2016. Para a avaliação dos parâmetros fisiológicos foram utilizadas nove novilhas da raça holandês preta e branca, com idade média de $20 \pm 3,5$ meses e massa corporal média de $490 \pm 64,12$ kg e em média no 5º mês de prenhes. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. As variáveis fisiológicas avaliadas foram: Frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR) e temperatura de superfície (TS). Os dados de temperatura do ar, temperatura de globo negro, umidade relativa e velocidade do vento foram coletados e utilizados para a determinação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR). Neste estudo, verificou-se que o *free stall* apresentou ambiente térmico mais adequado, especialmente quando associado à cobertura de céu do tipo nublado, apresentando $ITU = 62$, $ITGU = 64$ e $CTR = 412 \text{ W m}^{-2}$ quando comparado à condição a pleno sol com $ITU = 76$, $ITGU = 83$ e $CTR = 754 \text{ W m}^{-2}$. Os parâmetros fisiológicos apresentaram variação de acordo com o momento de entrada e o tempo de exposição à sombra. No entanto, permaneceram dentro dos limites normais para bovinos, em todos os tipos de cobertura do céu. A temperatura de superfície corporal foi o único parâmetro fisiológico que apresentou forte correlação positiva ($r > 0,5$) com ITU, ITGU e CTR. A temperatura de superfície corporal em áreas de pelagem escura do animal foi significativamente maior ($< 0,05$) que a observada nas áreas de pelagem clara. Não houve interação significativa para o momento de entrada e o tempo de permanência à sombra entre os tipos de cobertura do céu, para nenhum dos parâmetros fisiológicos (FC, FR, TS e TR) avaliados. Desta forma, se pode concluir que embora no piquete sob condição ensolarada no período da tarde, o ambiente térmico foi caracterizado como crítico, como

mostram os índices de conforto térmico, não houve alteração significativa nos parâmetros fisiológicos dos animais.

Palavras chaves: Ambiente térmico, conforto animal, bem-estar, índices

MICROCLIMATE AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF DUTCH-BRED HEIFERS

Abstract: The present study was subdivided into two trials. The first test had as objective to evaluate by means of indices of thermal comfort, two distinct environments (free stall and picket) from 07:00 to 16:00 hours considering the sunny, partly cloudy and cloudy sky. The second objective was to evaluate the physiological parameters of Dutch heifers allocated to pickets with full sun exposure and free stall for two hours from 11:00, 12:00, 13:00 and 14:00 hours on non-consecutive days also considering the three types of sky coverage. The tests were carried out in the municipality of Marechal Cândido Rondon - PR, in the months of July and August of 2016. For the evaluation of the physiological parameters, nine heifers of the black and white Dutch breed were used, with mean age of 20 ± 3.5 months and mean body mass of 490 ± 64.12 kg and on average in the 5th month of pregnancy. The experimental design was completely randomized with time-repeated measures. The physiological variables evaluated were: Respiratory rate (RR), heart rate (HR), rectal temperature (RT) and surface temperature (ST). The data on air temperature, black globe temperature, relative humidity and wind speed were collected and used to determine the temperature and humidity index (THI), black globe humidity index (BGTI) and radiant heat load (RHL). In this study, it was verified that the free stall presented a more adequate thermal environment, especially when associated with cloud cover, presenting $THI = 62$, $BGTI = 64$ and $RHL = 412 \text{ W m}^{-2}$ when compared to full sun conditions with $THI = 76$, $BGTI = 83$ and $RHL = 754 \text{ W m}^{-2}$. The physiological parameters presented variation according to the moment of entry and the time of exposure to shade. However, they remained within normal limits for cattle, in all types of sky cover. The body surface temperature was the only physiological parameter that presented a strong positive correlation ($r > 0.5$) with THI, BGTI and RHL. The body surface temperature in dark fur areas of the animal was significantly higher (< 0.05) than that observed in light coat areas. There was no significant interaction for the time of entry and the dwell time in the shade between the types of sky cover, for none of the physiological parameters (HR, RR, ST and RT) evaluated. In this way, it can be concluded that although the thermal environment was characterized as critical, as shown in the thermal comfort indices, there were no significant alterations in the physiological parameters of the animals in the picket under a sunny condition in the afternoon.

Key Words: thermal environment, animal comfort, welfare, indexes

3.1 Introdução

A homeostase se caracteriza como o estado de equilíbrio mental e fisiológico. Qualquer fator que altere este equilíbrio expõe o animal a uma condição de estresse. Nesta situação, tentará se ajustar as condições adversas ocasionadas por agentes estressores, por meio de respostas fisiológicas e comportamentais. Cujo objetivo é retornar a sua condição inicial.

Em um sistema de produção pecuário, os agentes estressores podem ser de origem mecânica, física, química, biológica e psicológica (BACCARI JÚNIOR, 1998). Bovinos a pasto ou em sistemas semi-extensivos, tem como principal agente estressor, aqueles de natureza física (temperatura, umidade, ventos, radiação solar e suas combinações). Esta condição ambiental, muitas vezes, se encontra fora da faixa ideal, delimitada pela temperatura crítica inferior (TCI) e superior (TCS). A homeotermia, então, é mantida com desvio energético (MARTELLO *et al.*, 2004).

A homeotermia é mantida em decorrência do equilíbrio entre ganho e produção e as perdas de calor. Os mecanismos de transferência de calor sensível (condução, convecção e radiação) e latente apresentam estreita relação com os elementos meteorológicos (PERISSINOTO *et al.*, 2009). Dentre as categorias que mais sofrem estresse pela ação destes elementos na exploração da atividade leiteira são os bezerros e novilhas pois seu sistema termorregulatório ainda não está completamente desenvolvido (MEDEIROS, VIEIRA;1997).

Desta forma, visando melhorar o ambiente térmico animal e a eficiência da atividade pecuária, torna-se indispensável conhecer as características edafoclimáticas específicas da região (NAVARINI *et al.*, 2009). Sob condições climáticas que prejudiquem o desempenho produtivo, a adoção de instalações zootécnicas projetadas adequadamente, pode se constituir uma solução. Sob estes abrigos há redução da incidência da radiação solar direta (LIMA *et al.*, 2014) e conseqüentemente sobre temperatura e umidade relativa do ar.

Desse modo, o presente estudo foi subdividido em dois ensaios. O primeiro ensaio teve como objetivo avaliar os índices de conforto térmico de dois locais distintos (*free stall* e piquete) sob cobertura ensolarado, parcialmente nublado e nublado no período de inverno. O segundo ensaio teve como objetivo avaliar os parâmetros fisiológicos de novilhas da raça holandês alocados em piquetes com exposição a pleno sol e com disponibilidade de sombra por duas horas a partir das 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas em dias não consecutivos nas mesmas condições do primeiro ensaio.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local

O experimento foi realizado no Setor de Bovinocultura de Leite do Núcleo de Estações Experimentais Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR, situado na linha Guará (Coordenadas: latitude -24,3322, longitude -54,0324° e altitude 410 m).

O clima local, segundo Köppen é *Cfa* (mesotérmico), clima subtropical úmido com temperatura média anual entre 20 a 22°C e precipitação de 1600 a 1900 mm/ano (ALVARES *et al.*, 2014). Os verões são quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida, (CAVIGLIONE *et al.*, 2000).

3.2.2 Unidade experimental e manejo dos animais

Para os dois ensaios, as avaliações ocorreram no período de inverno, nos meses de julho e agosto de 2016. Para o ensaio dos parâmetros fisiológicos, foram utilizadas nove novilhas, da raça holandês preta e branca com idade média de 18 ± 5 meses e massa corporal média de $490 \pm 78,5$ kg, e em média no 5º mês de prenhes. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo.

A dieta dos animais foi composta de pastagem *Cynodon spp.* cv. Tifton 85, e água *ad libitum*, e suplementação no cocho de concentrado (farelo de soja, milho e premix mineral) e silagem de milho.

Os animais foram alocados em piquete até o momento em que foram conduzidos ao *free stall* permanecendo por duas horas nesta instalação. As entradas dos animais no *free stall* ocorreram as 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas. As avaliações foram repetidas 3 vezes em dias não consecutivos para condição de cobertura do céu e horário de entrada. Ou seja, no primeiro dia com cobertura de céu ensolarado, os animais foram conduzidos ao *free stall* as 11:00 horas e ali permaneceram por duas horas e assim por diante. Logo, os parâmetros fisiológicos da primeira coleta refletem a condição de exposição dos animais aos tipos de cobertura de céu no piquete e os dois horários posteriores ao microclima proporcionado pelo

free stall (sombra) (Figura 1).

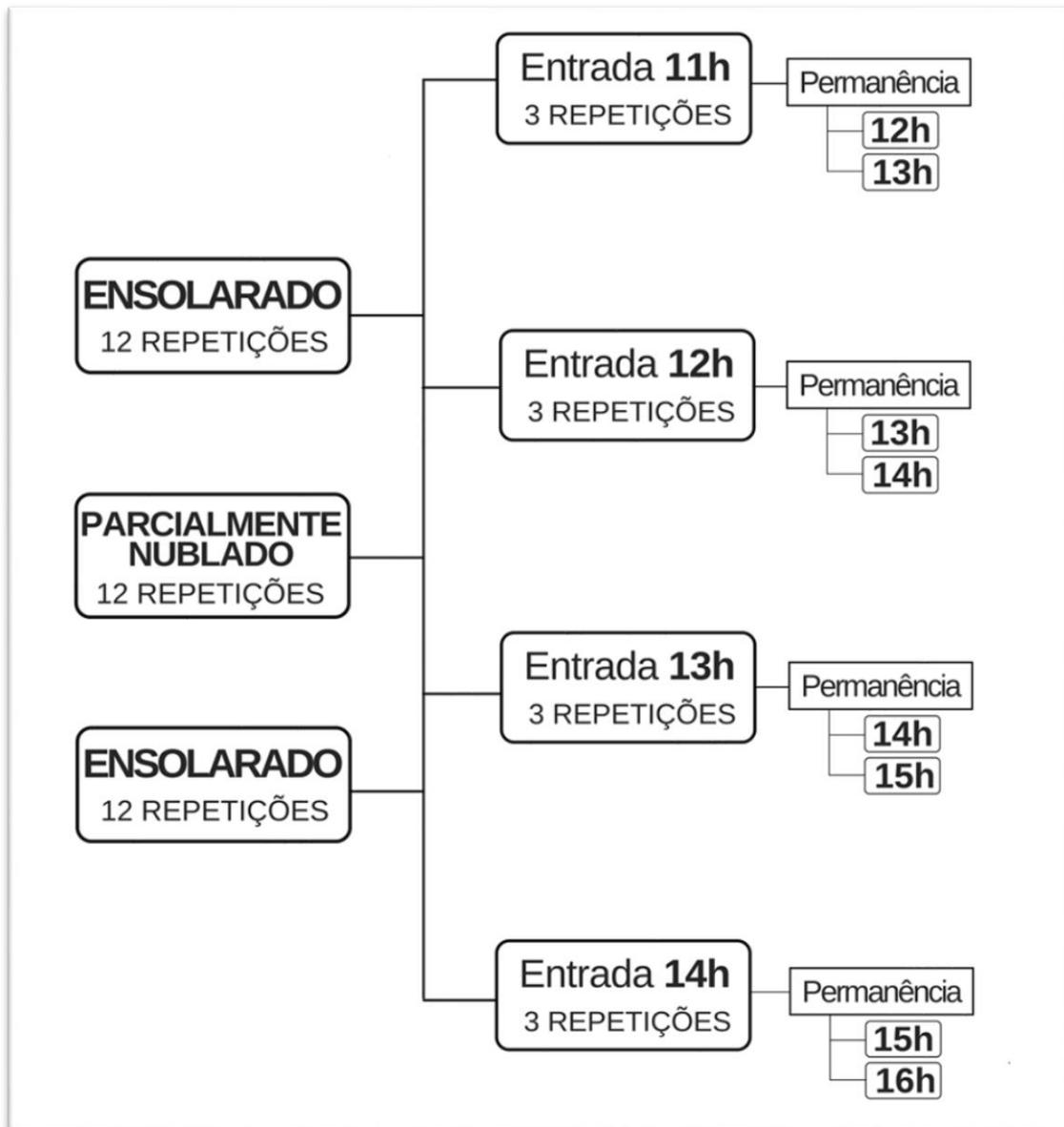


Figura 1: Representação esquemática do horário de entrada e de permanência no *free stall* de novilhas da raça holandesa em condição ensolarada (EN), parcialmente nublada (PN) e nublada (NB), durante o período experimental.

Os animais foram avaliados sob condições de cobertura de céu denominadas: ensolarada (EN), parcialmente nublado (PN) e nublado (NB). As condições de cobertura de céu foram definidas por meio de observação visual e subjetiva de um quadrante do céu. A presença de nuvens cobrindo uma porção menor do que 15% do céu foi considerada como ensolarado, próximo a 50% de cobertura do céu como parcialmente nublado e maior que 85% de cobertura do céu, foi considerado nublado.

Durante os horários de avaliação dos parâmetros fisiológicos, foram coletados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e velocidade do vento, que posteriormente foram utilizados para calcular os índices bioclimatológicos.

3.2.3 Condições térmicas do ambiente e Índices bioclimáticos

Os dados de temperatura do ar, de globo negro e umidade relativa do ar para piquete e free stall, foram registrados a altura de 1,30m (centro de massa média dos bovinos). Os registros foram realizados a cada hora por sensores de temperatura e umidade marca CEM[®] modelo DT-172. As medidas de temperatura de globo negro, foram feitas por sensor externo de temperatura e umidade da marca ELITECH modelo RC-4[®], inserido em esfera de polietileno (diâmetro 15 cm), com superfície externa pintada da cor preto fosco. As informações coletadas foram armazenadas em dataloggers.

A velocidade média do vento foi determinada a partir de três leituras, em um anemômetro portátil digital, do tipo concha da marca Lutron[®] (modelo AM-4220), com escala de 0 até 35,0 m s⁻¹, para cada horário.

Com base nestes registros foram determinados: Índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959) e Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), proposto por Buffington *et al.* (1981).

$$ITU = ts + 0,36 \times tpo + 41,2$$

$$ITGU = tg + 0,36 \times tpo + 41,5$$

Em que:

ts= Temperatura de bulbo seco ou do ar (°C)

tg= Temperatura de globo negro (°C)

tpo= Temperatura do ponto de orvalho (°C)

Para a classificação, foi utilizada a escala proposta por Hahn *et al.* (1993) que considera o ITU nas seguintes amplitudes: Índice menor que 70 representa um ambiente não estressante, de 71 a 78 situação crítica, de 79 a 83 implicaria em risco e maior que 83 como condição de emergência.

A classificação utilizada para ITGU foi proposta por National Weather Service – USA (1976), que tem como valores de referência: 74 como situação de conforto; entre 75 e 78, situação de alerta; 79 a 84, perigo; e acima de 84, situação crítica.

A carga térmica de radiação (CTR) foi obtida pela equação proposta por Esmay (1979).

$$CTR = \epsilon \sigma (TMR)^4$$

$$TRM = 100 \times \sqrt[4]{2,51 * \sqrt{Vv} * (Tg - Ts) + \left(\frac{Tg}{100}\right)^4}$$

Em que:

TRM: Temperatura Média Radiante (°K);

Vv: velocidade do vento (m/s);

Ts: Temperatura de bulbo seco ou do ar (°K);

Tg: Temperatura de globo negro (°K);

Σ: Emissividade do corpo (1,0)

σ: $5,67 \times 10^{-8} \text{ K}^{-4} \cdot \text{W m}^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann).

3.2.4 Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos dos animais avaliados foram: frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura de superfície (TS) e temperatura retal (TR).

Para a realização das medidas dessas variáveis fisiológicas, os animais foram imobilizados (para menor movimentação possível) em canzins no galpão do tipo *free stall* durante os horários de coleta.

A frequência respiratória foi mensurada por meio da auscultação indireta das bulhas, com o auxílio de um estetoscópio flexível, ao nível da região laringo - traqueal, contando-se o número de movimentos durante 15 segundos, e o valor obtido foi multiplicado por quatro para determinação da frequência respiratória em movimentos por minuto (mov/min).

A frequência cardíaca foi medida com o auxílio de um estetoscópio flexível, posicionado diretamente na região torácica esquerda à altura do arco aórtico, contando-se o número de movimentos durante 15 segundos. O valor obtido foi multiplicado por quatro para determinação da frequência cardíaca em batimentos por minuto (bat/min).

Para medir a temperatura retal, foi utilizado um termômetro clínico digital Termo Med 1.0 da marca Incoterm® com faixa de medição 32 °C a 42 °C e resolução de 0,1 °C, inserido aproximadamente 10 centímetros no reto, estando o bulbo em contato com a mucosa interna do animal para uma maior precisão.

A temperatura da superfície corporal foi medida utilizando um termômetro de infravermelho portátil digital da marca Raytek, modelo MiniTemp MT4 (com faixa de medição de -18 a 40 °C), A média da temperatura de superfície foi obtida pela média das temperaturas obtidas em áreas locais da superfície corporal com pelagem clara e pelagem escura, localizadas no dorso do animal.

3.2.5 Análise estatística

Os dados qualitativos foram submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para os dados quantitativos, os dados foram submetidos a análise de variância e análise de regressão. Posteriormente, foi realizada uma correlação simples de Pearson entre os parâmetros fisiológicos dos animais e os índices de conforto térmico utilizando o programa S.A.S. *University Edition* (2014).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Ensaio I: Índices de conforto térmico

O primeiro ensaio demonstrou que no período de inverno, na região oeste do Paraná, há situações em que o ambiente térmico é desconfortável, ocasionado pelo excesso de calor, principalmente em uma condição ensolarada em ambiente desprotegido, como o piquete (Figura 2B, 2D e 2F), local em que ocorreram os maiores valores de ITU e ITGU e CTR.

No período entre 07 e 10 horas, os valores de ITU mantiveram-se abaixo de 70 no *free stall* e no piquete, independente da condição de cobertura de céu. No período de 11 às 16 horas, este índice manteve-se sempre abaixo de 70 somente sob cobertura de céu nublado (Figura 2A e 2B).

Em dias ensolarados no piquete, somente às 10 horas o ITGU se manteve em média de 74,7, condição definida pelo National Weather Service (1976) como um ambiente térmico desconfortável (Figura 1 c e d). Em dias nublados no piquete as 11:00 horas (Figura 1d) o ITGU médio observado foi de 76,3 e aproximadamente a partir de 12:00 horas se manteve abaixo de 74.

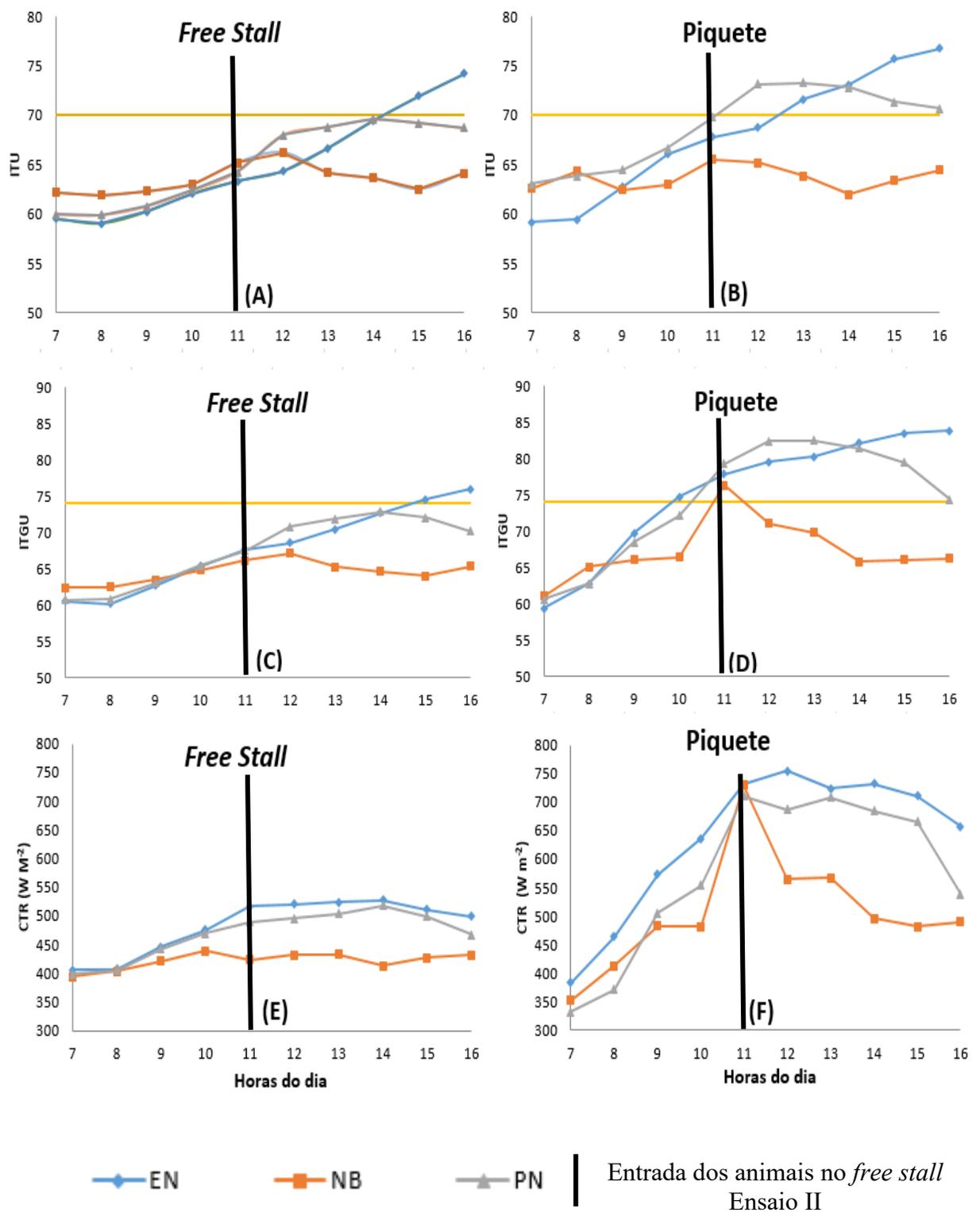


Figura 2: Índice de temperatura e umidade (ITU) no *free stall* (A) e piquete (B), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no *free stall* (C) e piquete (D) e carga térmica de radiação (CTR) no *free stall* (E) e piquete (F) em condições ensolarada (EN), nublada (NB) e parcialmente nublada (PN) das 07:00 às 16:00 horas.

O ITU e o ITGU representam a temperatura efetiva do ambiente na qual se combina a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho, temperatura de globo negro e a temperatura do ponto de orvalho, respectivamente. As variações de temperatura do ar observadas ao longo do dia se devem ao balanço de energia sobre a superfície, consequência da irradiância solar global incidente e refletida, bem como da emissão de ondas longas pela superfície e atmosfera.

O maior saldo de energia sobre a superfície é observado por volta de 12:00 horas, enquanto a máxima temperatura do ar é observada por volta de 14 e 15 horas. Este balanço de energia é modificado pelas condições de nebulosidade observadas em determinado dia, o que justifica os distintos valores ITU e de ITGU encontrados para dias ensolarados e parcialmente nublados em comparação com dias nublados. O balanço de energia sobre a superfície, em dias nublados, é menor, consequência da absorção e reflexão da irradiância solar global provocada pelas nuvens. Os valores de absorção pelas nuvens, de acordo com Mendonça e Oliveira (2017) podem chegar a 5 % e a cerca de 19 % de reflexão da radiação.

A presença de vapor d'água na atmosfera quantificada pela temperatura do ponto de orvalho também pode modificar o balanço de energia sobre a superfície. No entanto, o peso deste parâmetro no computo do ITU e do ITGU, é menor que aquele atribuído a temperatura do ar e a temperatura de globo negro.

Como se observa na figura 1, os valores de ITGU tendem a se manter maiores que aqueles encontrados para ITU. Neste índice a temperatura do ar é substituída pela temperatura de globo negro, cuja medida, indica efeitos combinados da temperatura do ar, temperatura radiante e velocidade do vento. De acordo com Buffington *et al* (1981), o ITGU seria um indicador mais adequado que o ITU de conforto térmico de vacas expostas a ambientes tropicais, com temperaturas elevadas e radiação solar intensa.

A Carga Térmica de Radiação observada em dias nublados para *free stall* e piquete foi menor que os encontrados para dias parcialmente nublados e ensolarados. Esta menor CTR se deve ao processo de reflexão e absorção da radiação solar pelas nuvens e componentes da atmosfera. Em condições de céu encoberto, se observa uma redução na incidência de radiação direta quando comparado a dias limpos. Esta redução dependerá do tipo de nuvem, cuja a constituição afeta o processo de espalhamento e absorção da radiação solar. Do total de radiação incidente, 3% é absorvida e 20% refletida pelas nuvens (ESCHER; MARTINS, PEREIRA, 2004).

Durante a coleta de dados, observou-se (de forma empírica) que as nuvens presentes na condição nublada geralmente eram mais espessas e estáveis do que as observadas na

condição parcial, influenciando os resultados deste trabalho. A presença de nuvem do tipo *stratus baixa* reduz a incidência de radiação solar, enquanto nuvens do tipo *cirrus alta* provocam menor influência na radiação incidente (VALIATI, 2001).

Os menores valores de CTR observados no *free stall* em comparação com o piquete mostram que a presença do telhado de fibrocimento intercepta parte da radiação solar direta incidente, minimizando desta forma o balanço de energia entre o meio e os animais. Estes valores corroboram com Cecchin (2012), que da mesma forma encontrou os menores valores de Carga Térmica de Radiação no interior da instalação do tipo *free stall* coberto com telhas de cimento amianto, quando comparado ao solário.

Em dias nublados o sombreamento propiciado por telhas de fibrocimento no *free stall* resultou em redução da CTR de 42% para as 11:00 horas e de 11,5% para as 15:00 horas. Esta redução também foi observada para dias ensolarados e parcialmente nublado, o que reforça a importância do sombreamento e corrobora com os resultados encontrados por Souza *et al.*, (2010), que observaram uma redução de 51% na Carga Térmica de Radiação em ambiente sombreado. Estes autores também ressaltam que os animais, independente da capacidade morfofisiológica para dissipar calor, necessitam de sombreamento, para se protegerem da radiação solar direta, principalmente em regiões tropicais.

3.3.2 Ensaio II: Parâmetros Fisiológicos

No segundo ensaio, quando avaliou-se o tempo de entrada dos animais com relação ao período de permanência dos mesmos no *free stall*, não houve efeito de interação entre as condições de cobertura do céu (Tabelas 1 e 2).

Os valores de frequência cardíaca, respiratória e temperatura retal variaram com relação aos horários de entrada dos animais, no *free stall*. A frequência cardíaca e respiratória de acordo Nããs e Arcaro Junior (2001) e temperatura retal de acordo com Martello *et al* (2004) permaneceram entre os limites considerados normais. Estes autores descrevem que em ambiente confortável a frequência cardíaca deve permanecer entre 60 e 80 batimentos/minuto, frequência respiratória menor que 40 movimentos/minuto e temperatura retal entre 37,5 e 39,3 °C, respectivamente (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (FR) em função do horário de entrada e permanência de novilhas da raça holandesa no *free stall* em condição de cobertura de céu ensolarada (EN), parcialmente nublada (PN) e nublada (NB)

| Horário de entrada | FC (bat/min) | | | FR (mov/min) | | |
|------------------------------|--------------|------|-----|--------------|------|-----|
| | EN | PN | NB | EN | PN | NB |
| 11 | 67 | 69 | 65 | 32 | 32 | 32 |
| 12 | 68 | 69 | 62 | 30 | 33 | 30 |
| 13 | 69 | 67 | 64 | 32 | 32 | 28 |
| 14 | 71 | 71 | 69 | 34 | 34 | 31 |
| Regressão | L** | ns | Q** | Q* | ns | Q** |
| Permanência | | | | | | |
| Entrada no <i>free stall</i> | | 67 | | | 32 | |
| 1 hora | | 67 | | | 31 | |
| 2 horas | | 69 | | | 32 | |
| | | L** | | | - | |
| CV(%) | | 11,6 | | | 16,4 | |
| Média | | 68,1 | | | 32,0 | |

CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; Q** - efeito quadrático a 1% de probabilidade; L** - efeito linear a 1% de probabilidade. $FC_{EN} y = 1,36x + 52,31366 R^2 = 0,99$; $FC_{NB} y = 2,05151x^2 - 49,72692x + 364,00532 R^2 = 0,99$; $FR_{EN} = y = 0,98626x^2 - 23,64904x + 174,77075 R^2 = 0,96$; $FR_{NB} = 1,3573x^2 - 34,38751x + 246,31806 R^2 = 0,64$; $FC_{permanência} y = 1,01852x + 66,04527 R^2 = 0,95$.

Tabela 2: Temperatura retal (TR) e temperatura de superfície (TS) em função do horário de entrada e permanência de novilhas da raça holandesa no *free stall* em condição de cobertura de céu ensolarada (EN), parcialmente nublada (PN) e nublada (NB).

| Horário de entrada | TR (°C) | | | TS (°C) | | |
|------------------------------|---------|------|------|---------|------|------|
| | EN | PN | NB | EN | PN | NB |
| 11 | 38,3 | 38,2 | 38,4 | 27,3 | 27,6 | 26,1 |
| 12 | 38,5 | 38,3 | 38,4 | 27,0 | 30,2 | 23,1 |
| 13 | 38,3 | 38,4 | 38,5 | 29,9 | 29,7 | 20,9 |
| 14 | 38,4 | 38,6 | 38,6 | 32,1 | 27,6 | 23,7 |
| Regressão | ns | Q** | Q** | Q** | Q** | Q** |
| Permanência | | | | | | |
| Entrada no <i>free stall</i> | | 38,3 | | | 26,7 | |
| 1 hora | | 38,4 | | | 26,9 | |
| 2 horas | | 38,4 | | | 27,7 | |
| | | L** | | | L** | |
| CV(%) | | 0,7 | | | 9,7 | |
| Média | | 38,4 | | | 27,1 | |

CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; Q** - efeito quadrático a 0,01% de probabilidade; L** - efeito linear a 0,01% de probabilidade. $TR_{NB} y = 0,02611x^2 - 0,58568x + 41,69584 R^2 = 0,94$; $TR_{PN} y = 0,02812x^2 - 0,57909x + 41,22713 R^2 = 0,94$; $TS_{EN} y = 0,6542x^2 - 14,618x + 108,82 R^2 = 0,95$; $TS_{nb} y = -1,1551x^2 + 28,806x - 149,34 R^2 = 0,97$; $TS_{PN} y = 1,4471x^2 - 37,125x + 259,63 R^2 = 0,92$; $TR_{permanência} y = 0,04938x + 38,33488 R^2 = 0,64$; $TS_{permanência} y = 0,46516x + 26,23067 R^2 = 0,90$;

A temperatura de superfície apresentou máxima variação ($11,2^{\circ}\text{C}$), que ocorreu entre as diferentes condições de cobertura de céu ($32,1^{\circ}\text{C}$ em condição ensolarada a $20,9^{\circ}\text{C}$ em condição nublada) (Tabela 2). Essa máxima variação também está associada aos horários, visto que a maior temperatura de superfície observada no período ensolarado ocorreu às 14 horas, e a maior TS observada na condição de cobertura de céu nublada aconteceu às 11 horas (Tabela 2).

A temperatura observada na superfície do animal, bem como sua variação ocorre devido à pele e o pelame estar em contato direto com o ambiente, participando das trocas de calor e auxiliando na manutenção da temperatura corporal (FERREIRA *et al.* 2006). Logo, as condições de cobertura de céu representam uma fonte de variação na temperatura do ar e de superfícies circundantes e por consequência alterando a temperatura de superfície do animal.

Esta relação entre a superfície corporal do animal e o ambiente, envolvendo as trocas térmicas, é justificada na Tabela 3, em que é possível observar a forte correlação ($> 0,5$) de TS com ITU e ITGU.

Tabela 3: Correlação de Pearson entre o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) no piquete e no *free stall* e a Frequência Cardíaca (FC), Frequência Respiratória (FR), Temperatura Retal (TR) e Temperatura de Superfície (TS) em cobertura do céu ensolarado (ES), parcialmente nublado (PN) e nublado (NB)

| | ITU | | ITGU | | CTR | |
|---------------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|
| | Piquete | <i>Free stall</i> | Piquete | <i>Free stall</i> | Piquete | <i>Free stall</i> |
| Ensolarado (EN) | | | | | | |
| FC | 0,213** | 0,212** | 0,132* | 0,195** | -0,018 | 0,019 |
| FR | 0,412** | 0,423** | 0,334** | 0,391** | 0,083 | 0,086 |
| TS | 0,882** | 0,965** | 0,759** | 0,916** | 0,254** | 0,235** |
| TR | 0,027 | 0,241** | 0,218** | 0,225** | 0,372** | 0,167** |
| Nublado (NB) | | | | | | |
| FC | 0,137* | -0,078 | 0,109** | -0,012 | 0,076 | 0,254** |
| FR | 0,416** | 0,388** | 0,505** | 0,443** | 0,284** | 0,470** |
| TS | 0,789** | 0,646** | 0,858** | 0,745** | 0,372** | 0,619** |
| TR | 0,064 | 0,102 | -0,114** | 0,107 | -0,268** | 0,054 |
| Parcialmente nublado (PN) | | | | | | |
| FC | 0,139* | 0,064 | 0,032 | 0,071 | -0,009 | 0,101 |
| FR | 0,439** | 0,297** | 0,334** | 0,360** | 0,150** | 0,331** |
| TS | 0,831** | 0,917** | 0,776** | 0,930** | 0,418** | 0,468** |
| TR | -0,117* | 0,023 | -0,133* | 0,029 | -0,107 | 0,050 |
| Geral | | | | | | |
| FC | 0,254** | 0,153** | 0,208** | 0,192** | 0,121** | 0,226** |
| FR | 0,461** | 0,411** | 0,426** | 0,441** | 0,243** | 0,336** |
| TS | 0,887** | 0,828** | 0,881** | 0,896** | 0,548** | 0,678** |
| TR | -0,090** | 0,040 | -0,115** | 0,010 | -0,090** | -0,039 |

* = Significativo a 0,05% de probabilidade de erro; ** = Significativo a 0,01% de probabilidade de erro.

Correlações semelhantes foram observados no trabalho de Ávila et al. (2013), relatando valores de correlação acima de 0,8 para TS com relação ao ITU, ITGU e CTR. Contudo, diferentemente do trabalho de Ávila et al. (2013), neste trabalho, as correlações com a CTR, tanto no piquete quanto no *freestall*, foram fracas (<0,5) ou menores que as encontradas em relação ao ITU e ITGU. Esta diferença nos valores de correlação de ITU, ITGU para CTR em relação à temperatura de superfície corporal do animal ocorrem pelas diferentes variáveis climáticas presentes no computo destes índices.

A CTR, diferentemente dos outros dois índices calculados, necessita de medidas da velocidade do vento para a obtenção de seus valores. O ar em movimento, sobre a superfície de pele do animal auxiliará nas perdas de calor por meio de convecção e evaporação. Durante

os horários de avaliação, houve grande variação na velocidade do vento, em todas as condições, locais e horários apresentando valores de $0,2 \text{ m s}^{-1}$ a $9,3 \text{ m s}^{-1}$. Estes valores estão fora da faixa recomendada por Baêta e Souza (1997) para bovinos, que consideram ideal de 5 a 8 km h^{-1} ($1,3$ a $2,2 \text{ m s}^{-1}$) associada a temperaturas do ar variando de 10 a $27 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de 60 a 70%.

Os valores de FC, FR e TR entre os horários de entrada e permanência (Tabelas 1 e 2) e as correlações (fracas ou negativas) observadas na Tabela 3, permitem pressupor que as trocas térmicas para o ambiente a partir da superfície corpórea do animal foram eficientes.

Quando se avaliou temperatura superficiais de áreas brancas e pretas de superfície no dorso dos animais, foi encontrada diferença significativa ($P < 0,05$) entre elas, apresentando médias de $26,8 \text{ }^\circ\text{C}$ e $27,4 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente.

Esta diferença é explicada pelas características de pelame de cor escura que apresenta maior absorção e menor reflexão da radiação térmica, resultado em um balanço radiante elevado (armazena maior quantidade de energia) em comparação a áreas brancas. As áreas escuras protegem as camadas profundas da epiderme dos danos causados pela radiação ultravioleta, uma vez que pelames brancos apresentam maior transmissividade à radiação de ondas curtas (FAÇANHA *et al.*, 2010).

Esta proteção contra radiação nas regiões mais escuras está associada à presença de melanina dos pelos e epiderme, que se encontra localizada na camada basal da epiderme e na extremidade dos folículos (SILVA *et al.*, 2001).

Logo, bovinos leiteiros da raça holandês que tem como características pelame negro e branco apresentam diferentes valores de absorção de radiações de ondas curtas, como consequência desta coloração.

3.4 Conclusões

No piquete em dias de céu limpo no período da tarde, o ambiente térmico foi caracterizado como crítico, embora não tenham sido observadas alterações significativas para frequência respiratória, cardíaca e temperatura retal dos animais, cujos valores se mantiveram dentro da faixa considerada normal para a espécie bovina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A; STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., MORAES, G; LEONARDO, J; SPAROVEK, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 711-728 (2013).
- ÁVILA A.S.; JACOMÉ I.M.T.D.; FACCENDA A.; PANAZZOLO D.M.; MULLER 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 – UFSM**. Santa Maria v. 14 n 14 Set. 2013, p. 2878-2884
- BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2. 1998, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1998. p. 136-161.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CAVIGLIONE, J. H; KIIHL, L.R.B; CARAMORI, P.H; OLIVEIRA D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000, CD. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863> Acessado em: 02/02/2017.
- CECCHIN, D. Comportamento de vacas leiteiras confinadas em Free-Stall com camas de areia e borracha. 2012. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Porto Oeste: **Avi Publishing**, 1979.
- 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. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 5, p. 732-738, 2006.
- HAHN, G.L.; Management and housing of farm animals in hot environments. In: Stress physiology in Livestock (M.K. Youself, ed.) Voll. II Boca Raton, FL: CRC Press, 1985
- LIMA C.B. *et. al.*, Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de ovinos em pastejo no semiárido. **Journal Animal Behaviour and Biometeorology** v.2, n.1, p.26-34 2014.
- MARTELLO L.S; SAVASTANO JÚNIOR H; 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
- MEDEIROS, L. F. D; VIEIRA, D. H. Bioclimatologia animal. **Ministério da Educação e Cultura. UFRRJ**, 1997.

- MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2017.
- NATIONAL WEATHER SERVICE – Central Region. Livestock Hot Weather Stress. Letter C-31 – 76. 1976.
- NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A., ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.
- NÃÃS, I. de A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor - **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.139-142, 2001
- PERISSINOTO M; MOURA D.J; CRUZ V.F; DE SOUZA S.R.L; DE 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**, Santa Maria, Online 0103-8478. 2009
- SAS INSTITUTE INC. SAS University Edition: installation guide for windows. Cary: SAS Institute, 2014.
- SILVA, R.G. et al. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1939-1947, 2001.
- SOUZA ECHER M.P de SOUZA, MARTINS F.R., PEREIRA E.B. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados (The significance of the cloud cover data and its variability - Methodology to data acquisition) **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 341-352, 2006.
- SOUZA, B. B.; LOPES, J. J.; ROBERTO, J. V. B.; SILVA, A. M. A.; SILVA, E. M. N.; SILVA, G. A. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de Caprinos saanen e mestiços ½saanen + ½boer no semiárido Paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**. Vol. 06, n. 02, p. 47 - 51, 2010
- THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, p.57-59, 1959.
- VALIATI, M.I. Estimativa da Radiação Solar Global com Diferentes Partições para Região de Cascavel. 2001. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Unioeste, Cascavel, 2001.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na bovinocultura de leite o ambiente térmico algumas vezes tem sido considerado de pouca ou nenhuma importância dentro de um sistema de produção. No entanto, um adequado manejo deste ambiente pode ser uma alternativa para o sucesso nessa atividade. Em um ambiente térmico confortável, o animal tende a apresentar custo fisiológico mínimo e máxima produção.