

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

GABRIELA CARVALHO SANTOS BICHUETTI

Efeito do período do dia sobre as variáveis do ambiente térmico e termofisiológicas de  
novilhas leiteiras mestiças nos trópicos

Uberlândia

2022

GABRIELA CARVALHO SANTOS BICHUETTI

**Efeito do período do dia sobre as variáveis do ambiente térmico e termofisiológicas de novilhas leiteiras mestiças nos trópicos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de conclusão de curso 2.

Orientadora: Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

Uberlândia

2022

GABRIELA CARVALHO SANTOS BICHUETTI

**Efeito do período do dia sobre as variáveis do ambiente térmico e termofisiológicas de novilhas leiteiras mestiças nos trópicos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de conclusão de curso 2.

Uberlândia, 19 de agosto de 2022.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento – (FAMEV - UFU)

---

Prof. Dr. Alex de Matos Teixeira – (FAMEV - UFU)

---

Ms. Paola Perez Bóscollo – (Doutoranda PPGCV – UFU)

## RESUMO

O estresse por calor em bovinos leiteiros é um problema por causa da temperatura e umidade do ar elevadas e intensa radiação solar das regiões tropicais. Assim, sob condições meteorológicas inadequadas os bovinos apresentam queda em seu desempenho produtivo e reprodutivo. Então, levando em consideração o fato de que grande parte do rebanho leiteiro brasileiro é de animais mestiços e a importância do estresse térmico para essa atividade, nesta pesquisa objetivou-se investigar os efeitos da temperatura, umidade, vento e radiação sobre as variáveis termofisiológicas de novilhas leiteiras mestiças pela manhã e tarde, e avaliar os índices de estresse térmico (IGNU, ITE, CTR e ITU), no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. A frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura corporal superficial (TCS) foram avaliadas em 15 novilhas, pela manhã e tarde durante dez dias não consecutivos e calculou-se o índice de globo negro e umidade (IGNU), índice de temperatura equivalente (ITE), carga térmica radiante (CTR) e índice de temperatura e umidade calor sensível (ITU). As variáveis termofisiológicas apresentaram valores superiores à tarde em relação à manhã (FR foi de 32,36 vs 36,62 °C; a TR de 38,59 vs 38,82 °C e TCS de 30,24 vs 33,39 °C pela manhã e tarde, respectivamente). O IGNU, ITE, CTR e ITU também foram maiores a tarde que manhã (IGNU foi de 75,56 vs 82,48; ITE de 26,38 vs 31,17; CTR de 456,89 vs 502,67 e ITU de 71,88 vs 80,98, respectivamente pela manhã e tarde). O horário do dia interfere nas variáveis termofisiológicas das novilhas leiteiras mestiças, e também nas variáveis ambientais e índices de estresse térmico analisados.

**Palavras-chave:** Estresse térmico; frequência respiratória; gado leiteiro; temperatura retal; temperatura corporal superficial.

## ABSTRACT

Thermal stress in dairy cattle is a problem because of the high air temperature and humidity and intense solar radiation in tropical regions. Thus, under inadequate weather conditions, cattle show a drop in their productive and reproductive performance. So, taking into account the fact that a large part of the Brazilian dairy herd is crossbred and the importance of heat stress for this activity, this research aimed to investigate the effects of temperature, humidity, wind and radiation on thermophysiological variables of crossbred dairy heifers in the morning and afternoon, and evaluate the thermal stress indices (BGHI, IET, RHL and THI), in Triângulo Mineiro, MG, Brazil. Respiratory rate (RR), rectal temperature (RT) and surface body temperature (SBT) were evaluated in 15 heifers, in the morning and afternoon during ten non-consecutive days and the black globe and humidity index (BGHI), index equivalent temperature (IET), radiant heat load (RHL) and sensible heat temperature and humidity index (THI). The thermophysiological variables showed higher values in the afternoon than in the morning (RR was 32.36 vs 36.62 °C; RT was 38.59 vs 38.82 °C and SBT was 30.24 vs 33.39 °C in the morning and late, respectively). BGHI, IET, RHL and THI were also higher in the afternoon than in the morning (BGHI was 75.56 vs 82.48; IET was 26.38 vs 31.17; RHL was 456.89 vs 502.67 and THI was 71 .88 vs 80.98, respectively in the morning and afternoon). The time of day interferes in the thermophysiological variables of crossbred dairy heifers, and also in the environmental variables and indices of thermal stress analyzed.

**Keywords:** Thermal stress; respiratory rate; dairy cattle; rectal temperature; surface body temperature.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
2.1 Termorregulação em bovinos .....	7
2.2 Zona de termoneutralidade .....	10
2.3 Ritmo circadiano.....	10
2.4 Variáveis termofisiológicas de novilhas .....	11
2.5 Índices de estresse térmico .....	15
2.5.1 <i>Índice de globo negro e umidade (IGNU)</i> .....	16
2.5.2 <i>Índice de temperatura equivalente (ITE)</i> .....	16
2.5.3 <i>Carga térmica radiante (CTR)</i> .....	17
2.5.4 <i>Índice de temperatura e umidade calor sensível (ITU)</i> .....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
5 CONCLUSÃO .....	26
REFERÊNCIAS .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil está localizado em sua maior parte entre a Linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, onde predominam altas temperaturas devido à elevada radiação solar incidente (AZEVEDO; ALVES, 2009). Sendo assim, na maior parte do dia a temperatura ambiente é maior que a temperatura crítica superior tolerada pelos bovinos, ultrapassando a zona de termoneutralidade da espécie (SOUZA JUNIOR, 2008). Essas condições ambientais adversas (temperatura, umidade e radiação solar elevadas) podem levar a uma queda em seu desempenho produtivo e reprodutivo (DANTAS et al., 2012). Os animais são capazes de manter sua homeostasia dentro de certo limite, porém somente quando a intensidade e a duração do estresse ambiental não excedem a capacidade compensatória do organismo (DANTAS et al., 2012).

A capacidade do animal de resistir a alta temperatura ambiente e umidade tem sido verificada pela avaliação da frequência respiratória e temperatura retal, sendo que a exposição por várias horas à altas temperaturas, leva a um estoque em excesso de calor, o que pode aumentar a temperatura corporal acima dos limites normais (PIRES; DE CAMPOS, 2003). A frequência respiratória é frequentemente utilizada como um parâmetro para mensurar o estresse térmico, pois em ambientes termoneutros pode variar de 24 a 36 mov.min<sup>-1</sup> e em ambientes acima da zona de termoneutralidade aumentam em muitas vezes (PIRES; DE CAMPOS, 2003).

Levando em consideração essas questões acerca do estresse térmico em animais, foram propostos índices que tem por objetivo determinar se um ambiente é adequado para certa atividade ou criação (SÁ FILHO et al., 2012). O primeiro índice de estresse térmico foi proposto por Thom (1959) e considera a temperatura e umidade do ar (ITU). Existem várias equações de ITU citadas na literatura, mas Berman et al. (2016) sugerem uma nova equação em que foi avaliado a contribuição da temperatura e umidade do ar testando diferentes coeficientes. Entretanto, este índice não considera o efeito da radiação, então, Buffington et al. (1981) criaram o índice de globo negro e umidade (IGNU) com a finalidade de acrescentar o efeito da radiação. Assim, já existem vários índices de estresse térmico para serem utilizados para detectar os efeitos do estresse por calor.

Devido a importância do estresse térmico, principalmente em bovinos leiteiros, vários estudos foram desenvolvidos focados principalmente em animais europeus

(*Bos taurus taurus*) puros (TOSETTO et al., 2014; SILVA; MORAIS; GUILHERMINO, 2007; MARTELLO et al., 2004). Além disso, a pecuária leiteira é uma atividade exercida em cerca de 80% dos municípios brasileiros, sendo grande a participação de animais mestiços, porém, grande parte dos estudos publicados tem como foco animais puros ou vacas em lactação (BRETTAS et al., 2017). Além disso, estudos sobre os efeitos do estresse por calor em novilhas são escassos.

Assim, nesta pesquisa objetivou investigar o efeito do período do dia sobre as variáveis termofisiológicas de novilhas leiteiras mestiças, avaliar as variáveis ambientais e índices de estresse térmico no bioma Cerrado.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Termorregulação em bovinos

Os bovinos são classificados como homeotérmicos e endotérmicos. Bicego (2020) definiu animais homeotérmicos como sendo aqueles capazes de sustentar sua temperatura corporal interna constante, mesmo com variação térmica do ambiente. Animais endotérmicos, conforme Bicego e Gargaglioni (2020), são os que utilizam de fonte de calor endógeno para manter suas funções metabólicas e usam de mecanismos comportamentais e autonômicos para realizar sua termorregulação.

Dantas et al. (2012) afirmaram que a termorregulação é o controle da energia térmica em qualquer sistema biológico. O sistema de regulação da temperatura tem como objetivo ajustar a temperatura corporal interna de acordo com as necessidades metabólicas, tanto de animais endotérmicos como de ectotérmicos (ALMEIDA; VIZIN; BÍCEGO, 2020). A termorregulação utiliza de mecanismos que promovem a termogênese, produção de calor, e termólise, perda de calor.

A termogênese utiliza principalmente os processos metabólicos para produção de calor, mas também utiliza de mecanismos autonômicos como o tremor e a termogênese independente de tremor, e para a preservação do calor utiliza a vasoconstrição periférica e vasodilatação profunda (ALMEIDA; VIZIN; BÍCEGO, 2020). Conforme esses autores, no tremor os músculos esqueléticos do animal se movimentam de forma rítmica e involuntária com objetivo de aumentar a produção de calor metabólico. Afirmaram ainda que a termogênese independente de tremor produz calor endógeno em ausência de tremor, sendo ligada ao tecido adiposo marrom nos mamíferos placentários.

Klein (2014) descreveu que o calor corporal de mamíferos é proveniente do próprio metabolismo do animal e de fontes externas. Segundo esse autor, o tremor é um método para aumentar a produção de calor endógeno, no qual grupos musculares são ativados e a energia gerada é transferida para o interior do corpo em forma de calor. Disse ainda que outra forma de geração de calor é através da termogênese não decorrente de tremor, onde ocorre tanto pelo aumento do metabolismo devido a um acréscimo na secreção de hormônios tireoidianos quanto pelo efeito das catecolaminas sobre os lipídeos, gerando calor. De acordo com Reece (2017), o sangue é um meio de distribuição do calor corporal e o fluxo sanguíneo em uma dada região do corpo é controlado por fibras vasoconstritoras simpáticas que inervam os vasos. Quanto à regulação do fluxo sanguíneo, Almeida, Vizin e Bicego (2020)

afirmam que ocorre a vasoconstrição periférica para reduzir o fluxo sanguíneo cutâneo e evitar assim a perda de calor para o ambiente. Para Klein (2014), os tecidos corporais não são bons condutores de calor, então este é conduzido através do sangue, que realiza perfusão de um órgão metabolicamente mais ativo, absorve o calor e o transfere para regiões mais frias do corpo, para realizar sua perfusão. Citou ainda que as alterações vasculares para redistribuição do fluxo sanguíneo ocorrem com objetivo de aquecer ou resfriar determinadas regiões do corpo, como por exemplo, em estresse pelo frio ocorre vasoconstrição dos vasos cutâneos e das anastomoses arteriovenosas, para reduzir a temperatura da pele e dos membros para evitar a perda de calor para o ambiente.

Além de mecanismos autonômicos, os animais também lançam mão de mecanismos comportamentais para se adequarem a condições de frio ou de calor. Segundo Almeida, Vizin e Bícego (2020) em condições de calor, tendem a se afastar uns dos outros, mudam sua postura podendo deitar no chão mais frio e buscam por sombra. Afirmam ainda que, em condições de frio os animais tendem a se agrupar, alteram sua postura se encolhendo para se proteger e constroem abrigos ou tocas.

A termólise se caracteriza pela perda de energia térmica através de mecanismos de transferência de calor sensível ou não-evaporativa, condução, convecção e radiação e de perda de calor evaporativa ou latente, por evaporação (ALMEIDA; VIZIN; BÍCEGO, 2020). Quanto aos mecanismos não-evaporativos, segundo esses autores, a condução se caracteriza por um processo no qual ocorre transferência de calor entre corpos que estejam em contato direto, sendo que essa transferência de calor é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre os corpos em contato, sempre ocorrendo do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

A convecção, segundo Azevêdo e Alves (2009), se trata de uma troca de calor que ocorre pela circulação de moléculas, havendo dois corpos envolvidos nessa troca, sendo um deles sólido e um fluido (líquido ou gás). Um exemplo é quando um gás se desloca pela superfície do corpo de um animal, e realiza troca de calor com ele, como ocorre na ventilação natural ou artificial. Almeida, Vizin e Bícego (2020) caracterizam esse mecanismo como um atenuador da troca de calor por condução devido a movimentação de fluido. Segundo Klein (2014), a troca de calor entre o corpo do animal e o fluido que o recobre depende do gradiente térmico, quanto maior o gradiente maior a perda de calor, porém o fluxo sanguíneo cutâneo e a camada isolante que recobre o animal alteram esse gradiente térmico. Esse autor comentou ainda que um acréscimo no fluxo sanguíneo cutâneo, eleva a temperatura da pele, aumentando a perda de calor, já uma queda nesse fluxo sanguíneo, reduz a temperatura, o que leva

a uma diminuição na perda de calor. Para esse autor, os pelos prejudicam a troca de calor por convecção, pois aprisionam o ar formando uma camada isolante.

Almeida, Vizin e Bicego (2020) definem radiação como a transferência de energia térmica através de todos os corpos que emitem e absorvem ondas eletromagnéticas. De acordo com Baêta e Souza (2010), na radiação ocorre troca de calor através de ondas eletromagnéticas entre dois corpos em temperaturas diferentes, através de meio transparente. Para esses autores, essas ondas eletromagnéticas são geradas pois os átomos dos corpos possuem energia interna que, em parte, se transforma em energia radiante. Segundo Klein (2014), a radiação é emitida por todos os objetos sólidos, sendo que objetos quentes possuem ondas de comprimento menor que são emitidas mais vezes por unidade de tempo que ondas de objetos frios. Assim, esse autor comentou que essas ondas atingem outros objetos e podem ser absorvidas, transferindo calor, porém apesar de todos os objetos emitirem calor, a transferência ocorre de objetos quentes para frios.

Quanto aos mecanismos de troca de calor evaporativa, a evaporação é a passagem de um fluido do estado líquido para o gasoso, e pode ocorrer tanto pela respiração quanto pela superfície corporal. De acordo com Reece (2017), a evaporação da água da superfície corporal, leva ao seu resfriamento. Almeida, Vizin e Bicego (2020) relataram que a passagem da água do estado líquido para o gasoso requer bastante energia, e para que esse fenômeno ocorra a energia necessária é proveniente do calor da superfície corporal. Sendo assim, quando a água evapora retira energia térmica da pele (transpiração) ou da superfície do trato respiratório do animal, promovendo o resfriamento destes. Segundo esses autores, esse mecanismo é o mais eficiente para troca de calor, pois possibilita que ela ocorra quando a temperatura ambiente é semelhante ou superior à superficial corporal.

De acordo com Klein (2014), quando o bovino está sob estresse por calor ocorre ativação das glândulas sudoríparas e o animal começa a ofegar, o que aumenta a perda de calor evaporativa. Segundo Reece (2017), em bovinos o ofego é acompanhado por um aumento de salivação, sendo que esta facilita a perda de calor por evaporação. Porém, a perda de saliva pode levar a um quadro de acidose ruminal, devido a perda de bicarbonato e fosfato presentes na mesma. A perda de calor evaporativa é muito importante, pois quando a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura corporal é a única forma de perda de calor disponível, porém à medida que a umidade relativa eleva, ou seja, aumenta a quantidade de vapor de água no ar, sua eficiência diminui (KLEIN, 2014).

Os mecanismos da termorregulação têm como objetivo promover o equilíbrio térmico no organismo animal, o ganho e produção de calor sejam equivalentes à perda

de calor. Quando um animal não consegue manter o seu equilíbrio térmico, seja por calor ou por frio, ocorre o estresse térmico que leva à diminuição de sua disponibilidade de energia para funções não vitais, como produção e reprodução.

## **2.2 Zona de termoneutralidade**

De acordo com Gosling et al. (2014) e Bicego e Gargaglioni (2020), a zona termoneutra (ZTN) é delimitada pela temperatura crítica inferior e pela temperatura crítica superior. Conforme Azevêdo e Alves (2009), na ZTN o gasto energético para manutenção é mínimo e assim o animal pode direcionar parte da energia para processos produtivos, já que a energia não será utilizada para manter o equilíbrio, como nos casos de estresse térmico. Bicego e Gargaglioni (2020) relatam que a ZTN é aplicada apenas a animais endotérmicos, como os bovinos. Segundo esses autores, em temperaturas abaixo da TCI, ocorre a vasoconstrição periférica máxima para conservação do calor, mas quando essa não é suficiente ocorre aumento da termogênese, com objetivo de tentar manter a temperatura corporal. Afirmam ainda que em temperaturas acima da TCS ocorre a vasodilatação periférica máxima para dissipação do calor, mas quando esta se mostra insuficiente são ativados os mecanismos de perda de calor evaporativa.

De acordo com Silva (2008), animais em condições de zona de termoneutralidade não realizam nenhum empenho para obter ou retirar calor do organismo. Segundo esse autor, em situações nas quais a temperatura ambiental se encontra abaixo da TCI, o animal se encontra sob estresse por frio, sendo necessário ativar os mecanismos de termogênese, para repor o calor perdido para o meio, porém isso só é possível até um certo limite, que se ultrapassado o animal não consegue mais manter a homeotermia. Afirmam ainda que quando a temperatura ambiente supera a TCS, o animal se encontra sob estresse por calor, porém sua produção de calor endógeno já é mínima, então o animal ativa os mecanismos de termólise para dissipar calor. Concluiu que quando é atingido certo limite, os mecanismos de perda de calor não são mais suficientes, o que leva o animal a hipertermia e posteriormente à morte por calor.

## **2.3 Ritmo circadiano**

O termo “ritmo circadiano” é utilizado com frequência quando aborda variação da temperatura corporal. Assim, para melhor compreender esse termo é preciso defini-lo. Então, o conceito de ritmo é “movimento regular e periódico no curso de qualquer

processo” (RITMO, 2022) e circadiano é “relativo à duração de um dia” (CIRCADIANO, 2022). Dessa forma, ritmo circadiano é um ritmo biológico periódico com duração de aproximadamente 24 horas, observado nos animais que se mantêm mesmo em condições ambientais constantes (SOUSA; CRUZ-MACHADO; TAMURA, 2008). De acordo com Silva e Minomo (1995), o ritmo circadiano é observado em quase todos os organismos e sincroniza várias funções fisiológicas e comportamentais com o ciclo geofísico do ambiente que o organismo se encontra. Esse ritmo biológico pode ser considerado de livre-curso, que é quando ele se mantém mesmo quando as variáveis ambientais são fixas, suprimindo a percepção do indivíduo da alternância de dia e noite (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020). Segundo os mesmos autores, esse fato evidencia que esse ritmo é ditado por fatores endócrinos e não apenas por fatores ambientais.

O ritmo circadiano de um organismo é gerado por estruturas anatômicas chamadas de osciladores circadianos, que são “sincronizados” por variáveis ambientais (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020). Essas variáveis ambientais foram denominadas de “*zeitgebers*” por Aschoff (1951) (LIMA; VARGAS, 2014), e dentre elas estão ciclo de claro/escuro, temperatura, oferta de água e alimento (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020). Em mamíferos, o oscilador circadiano central encontra-se nos núcleos supraquiasmáticos (NSQ), que estão localizados no hipotálamo (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020; SOUSA; CRUZ-MACHADO; TAMURA, 2008; BARBOSA-LIMA; GUERREIRO-VARGAS, 2014). O sistema circadiano dos mamíferos é composto pelas vias aferentes e eferentes dos núcleos supraquiasmáticos, sendo as vias aferentes sensitivas e condutoras da informação temporal do zeitgeber para o oscilador, e as vias eferentes transmitem a informação temporal do oscilador para o organismo (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020).

Ao medir a temperatura corporal dos animais, sistematicamente e em intervalos regulares, foi demonstrado que ocorre uma variação regular durante um período de 24 horas, apresentando assim um ritmo diário (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020). Os mesmos autores afirmam que animais homeotérmicos apresentam uma taxa de variação diária da temperatura corporal de 1 a 2 °C, porém em situações em que ocorre o fenômeno do “torpor diário”, essa faixa pode variar em dezenas de graus Celsius.

#### **2.4 Variáveis termofisiológicas de novilhas**

O estresse pode ser definido como uma força exercida sobre qualquer corpo e a resposta a esse estresse é a tensão (SILVA, 2008). De acordo com esse mesmo autor, o estresse pode ser considerado ambiental, já a tensão depende das características físicas do corpo que o recebe. Sendo assim, esse autor considera que

o estresse térmico é proveniente do ambiente e a tensão orgânica depende desse estresse e das características fisiológicas dos animais submetidos.

De acordo com Ferreira et al. (2006), na bovinocultura o estresse por calor é um problema que aumenta à medida que a umidade relativa e a temperatura ultrapassam a zona de termoneutralidade. Conforme os mesmos autores, o estresse por calor causa alterações na homeostase do animal, sendo usualmente mensurado através da frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e concentrações hormonais. Segundo Lee et al. (1974), FR e TR são indicativos de estresse por calor em bovinos, ao submeter esses animais a um ambiente de alta temperatura e umidade relativa.

A temperatura ambiente é a variável ambiental de maior influência sobre a FR e TR, seguida pela radiação solar, umidade relativa e vento (PIRES; CAMPOS, 2003). Segundo Feitosa (2014), a TR de bovinos jovens é cerca de 38,5 a 39,5 °C e de adultos 37,8 a 39,2 °C. Sendo assim, a TR aumenta sugerindo que o animal está armazenando calor (SILVA et al., 2005), o que significa ineficiência em dissipar energia para o ambiente. Em relação a FR, Pires e Campos (2003) afirmam que é uma variável muito usada para medir o efeito do estresse por calor. E que nos bovinos em ambientes termoneutros, a FR varia de 24 a 36 mov.min<sup>-1</sup>, porém em ambientes acima da temperatura crítica superior aumenta consideravelmente.

A temperatura corporal superficial (TCS) depende da temperatura do ar, da umidade e da velocidade do vento, além da vascularização e da sudorese, sendo assim, contribui para a termorregulação corporal em temperaturas amenas (FERREIRA, 2006). De acordo com esse autor, as trocas de calor sensível entre animal e ambiente durante o estresse por calor são reduzidas e a troca evaporativa se torna a principal.

Em Piracicaba, sudeste do Brasil, Souza et al. (2010) avaliaram o processo de termorregulação em novilhas Holandesas/Jersey antes e após o estresse (1 hora de exposição a radiação solar direta, das 13:00 às 14:00h), enquanto a temperatura do bulbo seco variou entre 25,6 a 26,6 °C. A TR (39,54 °C) e FR (94 mov.min<sup>-1</sup>) aumentaram logo após o estresse. Os valores de TR e FR apresentados antes e uma hora após o estresse não diferiram entre si, sendo respectivamente de 39,12 °C e 65 mov.min<sup>-1</sup> e 39,25°C e 61 mov.min<sup>-1</sup>. Os autores afirmaram que sombra para os bovinos de raças leiteiras é importante para garantir o bem-estar, o conforto térmico e a maior produtividade.

Ferreira et al. (2006) caracterizaram as respostas termofisiológicas de bovinos Gir/Holandeses, com idade entre 14 e 20 meses, antes e após serem submetidos a estresse por calor (42 °C e 60% de umidade relativa) durante 6 horas no verão e no

inverno em câmara bioclimática. Em ambas as estações, a média de TR e de FR pela manhã se mantiveram dentro dos padrões fisiológicos (38,02 °C e 17,38 mov.min<sup>-1</sup>), já pela tarde se mostraram superiores ao limite (40,59 °C e 124,55 mov.min<sup>-1</sup> no inverno e 41,14 °C e 134,02 mov.min<sup>-1</sup> no verão). À tarde, a FR de machos (121,43 mov.min<sup>-1</sup>) foi menor que de fêmeas (127,67 mov.min<sup>-1</sup>) no inverno etambém no verão (130,92 mov.min<sup>-1</sup> e 137,12 mov.min<sup>-1</sup>, respectivamente, machos efêmeas). A TCS apresentou aumentou pela manhã e tarde (29,05 °C e 47,72 °C, respectivamente) e não houve diferenças entre as estações analisadas. Concluíram que as alterações nas variáveis fisiológicas indicam que o estresse por calor foi severo e que a TR e FR são variáveis importantes de avaliação do estresse por calor em bovinos.

Um experimento com novilhas mestiças leiteiras expostas ao sol por 4 horas (9:00 às 13:00 h), com temperatura ambiente média de 29,96 °C e umidade relativa média de 50,51%, durante 5 dias por mês (novembro de 2016 a fevereiro de 2017) foi realizado por Brettas et al. (2017), no Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brasil. Foram avaliadas FR (média de 41,97 mov.min<sup>-1</sup>) e TR (média de 38,85°C), ambas as variáveis se apresentaram dentro dos limites fisiológicos, mas o limite superior apresentava-se acima da normalidade. Os autores afirmaram que os valores médios de TR encontrados indicam adaptação das novilhas ao ambiente térmico e que os valores de FR indicam ausência de estresse por calor.

No Brasil, no semiárido do Nordeste, no verão, Silva et al. (2005) estudaram bovinos Sindi, de ambos os sexos, de 12 e 24 meses, criados em temperaturas entre 23,0 °C e 35,7 °C, e umidade relativa média de 51,7%. Verificaram TR e FR de 38,8 °C e de 22,21 mov.min<sup>-1</sup> em machos e 38,9 °C e 22,76 mov.min<sup>-1</sup> em fêmeas. Aos 12 e 24 meses de idade observaram TR de 38,9 e 38,8 °C e 22,42 e 22,54 mov.min<sup>-1</sup>, respectivamente. Os autores concluíram que os animais possuem capacidade de manter a homeotermia em ambientes quentes, e o sexo e a idade não interferem nas respostas fisiológicas.

Em Ibiá, Minas Gerais, Brasil, Rezende et al. (2017) avaliaram variáveis fisiológicas de novilhas Holandesas/Gir x Guzerá, de cerca de 1 ano, no verão (manhã: Tar média: 24,9 °C, UR média: 69,3 %, ITU médio: 74, tarde: Tar média: 32,6 °C, UR média: 39,3 % ITU médio: 81) e no inverno (manhã: Tar média: 25,2 °C, UR média: 46,3 %, ITU médio: 72, tarde: Tar média: 27,0 °C, UR média: 27,6 % ITU médio: 71), onde os animais permaneceram no curral sem sombra de 8:00 às 17:00. A tarde, a TR no verão foi maior (39,5 °C) em relação ao inverno (39,3 °C), pela manhã não diferiu entre verão (39,0 °C) e inverno (39,1 °C), no verão a TR à tarde (39,5 °C) foi maior que de manhã (39,0 °C), também no inverno à tarde (39,1 °C) a TR foi superior em relação a manhã (39,3 °C). A FR pela manhã (31,7 mov.min<sup>-1</sup>) não diferiu da tarde

(29,8 mov.min<sup>-1</sup>); no inverno (27,5 mov.min<sup>-1</sup>) foi menor que no verão (34,0 mov.min<sup>-1</sup>). TCS foi maior pela manhã (37,7 °C) que à tarde (35,2 °C), no verão (38,0 °C) foi maior que no inverno (35,0 °C). Os autores concluíram que a estação do ano e o horário do dia influenciam os valores das variáveis termofisiológicas, porém as novilhas mantem a homeotermia. Consideraram a composição genética adaptada a região do estudo.

Fonsêca et al. (2016) caracterizaram as respostas fisiológicas de novilhas Sindi e Guzerá em confinamento, idade média de 21 meses, em ambiente tropical, com temperatura do ar variando de 23,3 °C a 29,8 °C e umidade relativa de 56,0 a 86,8%, no Brasil. Quanto à TCS não houve diferenças entre as raças (manhã: Sindi 31,6 °C e Guzerá 31,8 °C, tarde: Sindi 34,1 °C e Guzerá 34,4 °C), porém houve diferença entre manhã e tarde (Sindi: manhã 31,6 °C e tarde 34,1 °C, Guzerá: manhã 31,8 °C e tarde 34,4 °C) sendo a tarde maior que pela manhã. Quanto à FR, houve diferenças entre as raças (manhã: 33,6 e 38,9 mov.min<sup>-1</sup>, respectivamente Sindi e Guzerá; tarde: 34,4 e 40,6 mov.min<sup>-1</sup>, respectivamente Sindi e Guzerá), mas não houve diferença entre os períodos do dia (Sindi: manhã 33,6 mov.min<sup>-1</sup> e tarde 34,4 mov.min<sup>-1</sup> e Guzerá: manhã 38,9 mov.min<sup>-1</sup> e tarde 40,6 mov.min<sup>-1</sup>). Os autores afirmaram que a maior FR na raça Guzerá foi por causa do seu temperamento ser mais reativo no momento da coleta em relação a raça Sindi. ATR não diferiu entre as raças (manhã: Sindi 38,5 °C e Guzerá 38,8 °C, tarde: Sindi 38,9 °C e Guzerá 39,3 °C), mas diferiu entre os períodos do dia (Sindi: manhã 38,5 °C e tarde 38,9 °C, Guzerá: manhã 38,8 °C e tarde 39,3 °C). De acordo com os autores ambas as raças mantiveram a homeotermia e a termorregulação, sendo o uso de sombra em ambientes tropicais importante mesmo para raças de bovinos zebuínos, resultando em menor gasto energético para termorregular.

Azevêdo et al. (2008) realizaram um estudo no estado do Piauí, Brasil, utilizando 32 bovinos Pé-duro (16 fêmeas e 16 machos), realizando avaliação dos parâmetros termofisiológicos pela manhã e tarde sob temperatura ambiente variando de 29,5 a 35 °C. Ao avaliarem a TR notaram que foi superior no período da tarde em relação a manhã (39,04 e 39,21 °C, manhã e tarde respectivamente). Já a FR pela manhã foi menor (26,40 mov.min<sup>-1</sup>) do que à tarde (28,00 mov.min<sup>-1</sup>), porém não houve influência significativa do horário do dia. Os autores concluíram que bovinos da raça Pé-duro mantiveram a TR e a FR dentro dos padrões dos limites fisiológicos, o que indica adaptação às condições climáticas da região.

Na região da Zona da Mata Mineira, em Minas Gerais, Brasil, Pereira et al. (2008) avaliaram o desempenho e parâmetros termofisiológicos de novilhas leiteiras 7/8 e 15/16 Holandês-Zebu e holandesas puras por cruzas, confinadas e alimentadas



com dietas com fibra em detergente neutro (FDN) de 30 e 60%. Esses animais foram avaliados quanto ao consumo, ganho de peso, frequência respiratória e temperatura retal, e o ambiente foi avaliado em temperatura do ar (18 a 26 °C), umidade relativa (média de 87%), radiação solar, precipitação pluviométrica, ITU (70 a 74, aproximadamente) e ITGU. A frequência respiratória foi maior no período da tarde para ambas as dietas (31,58 e 34,92 mov.min<sup>-1</sup>, manhã e tarde respectivamente em FDN30; e 28,94 e 36,58, manhã e tarde, respectivamente em FDN60), porém, não houve diferença estatística entre os períodos do dia quando os animais receberam FDN30 e nem entre os tratamentos. A temperatura retal se manteve dentro dos limites fisiológicos, porém foi maior a tarde do que pela manhã (38,51 e 38,95 °C em FDN30, manhã e tarde respectivamente; e 38,5 e 38,95 °C em FDN60, manhã e tarde respectivamente), e não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados. Os autores afirmaram que de acordo com os valores obtidos de FR e TR, e pelo alto consumo de MS, para as condições ambientais que os animais foram submetidos, os animais conseguiram realizar termorregulação adequadamente.

Na Paraíba, nordeste do Brasil, Souza et al. (2007) estudaram TR, TCS e FR de 12 fêmeas da raça Sindi, com idade média de 18 meses, pela manhã e à tarde, em temperatura ambiente média pela manhã de 26,3 °C e à tarde de 38,2 °C, e umidade relativa média de 71% pela manhã e 38% à tarde. Detectaram que houve efeito do horário do dia sobre a TR, que foi superior à tarde (38,7°C) em relação à manhã (38,1 °C). Também detectaram efeito do horário do dia sobre a TCS, que teve médias superiores no período da tarde (31,8 °C) em comparação com à manhã (29,1 °C). Para a FR, apesar de estarem dentro dos limites da espécie, foram encontrados valores maiores à tarde (35 mov.min<sup>-1</sup>) do que pela manhã (32 mov.min<sup>-1</sup>). Os autores concluíram que o horário do dia teve influência sobre as respostas fisiológicas dos animais, mas que bovinos da raça Sindi apresentam alta tolerância ao calor.

## **2.5 Índices de estresse térmico**

O ambiente é o conjunto de fatores que afetam os animais direta e indiretamente (BAËTA; SOUZA, 2010). Para esses autores as variáveis ambientais que mais influenciam no bem-estar e na produção dos animais são a temperatura do ar, umidade, radiação e velocidade do vento. Conforme Silva (2008), a temperatura do ar é a variável principal na avaliação do ambiente, porém, está sofre influência da radiação solar e da umidade atmosférica, na maioria das vezes prejudicando o equilíbrio térmico.

Segundo Silva (2000), quando a temperatura do ar é semelhante à temperatura

corporal ou a excede, como ocorre em regiões intertropicais, e a temperatura radiante média é mais alta que a atmosférica, a perda de calor por radiação e convecção é prejudicada ou até inibida. De acordo com o mesmo autor, se a região analisada tiver elevada umidade, a perda de calor evaporativa será dificultada levando os animais a uma situação de elevado estresse por calor. Para Silva (2008), o vento reduz os efeitos nocivos das altas temperaturas em regiões tropicais, porém a radiação térmica emitida pelos corpos próximos ao animal, amplificam esses efeitos.

Dentro deste contexto, foram propostos alguns índices de estresse térmico. Esses índices combinam efeitos de vários fatores do ambiente térmico numa única equação, por exemplo, o índice de temperatura e umidade calor sensível que considera a temperatura e umidade relativa, o índice de globo negro e umidade que considera temperatura, umidade, radiação e vento, o índice de temperatura equivalente que considera temperatura, umidade e vento e a carga térmica radiante que considera temperatura, radiação e vento.

### **2.5.1 Índice de globo negro e umidade (IGNU)**

De acordo com Buffington et al. (1981), o estresse por calor é uma condição na qual a combinação de variáveis ambientais fazem com que a temperatura ambiente seja maior que a zona de termoneutralidade, sendo as principais variáveis ambientais a temperatura do bulbo seco, a umidade, a radiação e o movimento do ar. Segundo os mesmos autores, vários índices foram propostos para avaliar o conforto dos animais diante das condições ambientais, entre eles o ITU proposto por Thom em 1958, que considera temperatura de bulbo seco e temperatura de ponto de orvalho. Entretanto, em condições tropicais a radiação é importante fator que interfere na termorregulação e assim, Buffington et al. (1981), propuseram o IGNU, índice de temperatura de globo negro e umidade, que considera temperatura de bulbo seco, umidade, radiação e movimento do ar e compararam sua eficácia com o ITU ao analisar o conforto térmico de vacas leiteiras. Segue a equação:

$$IGNU = Tgn + 0,36Tpo + 41,5$$

Onde:

Tgn: temperatura de globo negro (°C)

Tpo: temperatura de ponto de orvalho (°C)

### **2.5.2 Índice de temperatura equivalente (ITE)**

O índice de temperatura e equivalente (ITE) foi desenvolvido por Baêta e

colaboradores em 1987 (BAÊTA et al., 1987 apud SILVA, 2008, p. 376). Eles testaram 5 vacas da raça Holandesa à temperatura de 16 a 41 °C, umidade relativa de 40 a 90 % e velocidade do vento de até 6,5 m.s<sup>-1</sup> em câmara climática. Propuseram a equação que combina os efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do vento:

$$ITE = 27,88 - 0,456Ta + 0,010754Ta^2 - 0,4905UR + 0,00088UR^2 + 1,1507V - 0,126447V^2 + 0,019876TaUR - 0,046313TaV$$

Onde:

Ta: temperatura do ar (°C)

UR: umidade relativa (%)

V: velocidade do ar (m.s<sup>-1</sup>)

Os valores de ITE foram classificadas em segurança, advertência, extremo cuidado, perigo e extremo perigo, respectivamente, 18 a 27 °C; 27 a 32 °C; 32 a 38 °C; 38 a 44 °C e >44 °C, aproximadamente, a da velocidade do vento analisada (BAÊTA; SOUZA, 2010).

### 2.5.3 Carga térmica radiante (CTR)

A carga térmica radiante (CTR) é todo o calor trocado por um corpo com o ambiente por radiação (SILVA; MAIA, 2013). Esses autores afirmaram que o equipamento mais prático para a medição da CTR é o globotermômetro, que é colocado no local onde o animal estaria e a temperatura indicada fornece uma estimativa da combinação dos efeitos da radiação, temperatura do ar e velocidade do vento. De acordo com esses autores, a CTR é calculada pela temperatura radiante média (TRM), que é a temperatura média de todas as superfícies ao redor do animal.

$$CTR = \sigma Trm^4$$

Onde:

$\sigma$ : constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} w. m^{-2}. K^{-4}$ )

Trm: Temperatura média radiante (K)

De acordo com Baêta e Souza (2010), a TRM pode ser calculada a partir da seguinte equação:

$$Trm = 100[2,51\sqrt{V(Tgn - Tbs)} + (\frac{Tgn}{100})^4]^{1/4}$$

Onde:

V: velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>)

Tgn: temperatura do globo negro (K)

Tbs: temperatura do bulbo seco (K)

#### **2.5.4 Índice de temperatura e umidade calor sensível (ITU)**

Berman et al. (2016) compararam seis índices de temperatura e umidade que são utilizados frequentemente para animais de fazenda. Observaram as limitações desses índices e propuseram um novo índice que os superasse. As equações analisadas retratam a umidade do ar como temperatura do ponto de orvalho, temperatura do bulbo úmido e umidade relativa, ou seja, diferentes unidades de estimadores, além disso diversos coeficientes, portanto, com vários conceitos da mesma. Essas equações não foram avaliadas quanto à similaridade de seus valores calculados, e nem quanto à contribuição da temperatura e da umidade para os seus valores de ITU. Com base nessas limitações os autores propuseram uma nova equação do ITU calor sensível (ITU):

$$ITU = 3,43 + 1,058Ta - 0,293UR + 0,0164TaUR + 35,7$$

Onde:

Ta: temperatura do ar (°C)

UR: umidade relativa (%)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização dos Animais – CEUA sob o número de protocolo n° A013/21.

Esta pesquisa foi desenvolvida no setor de bovinocultura de leite do campus Glória, da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, localizada na latitude 18° 91' 69" Sul, longitude 48° 25' 56" Oeste e altitude 874,77m (INMET, 2020). O clima de Uberlândia é classificado como Tropical semiseco meridional do planalto dissecado do Paranaíba, sendo o período chuvoso de novembro à março e de seis a sete meses secos de abril à setembro-outubro com temperatura média do mês mais frio (junho) de 18 a 22 °C e precipitação pluviométrica anual de 1400 a 1650 mm (NOVAIS; BRITO; SANCHES, 2018).

As variáveis termofisiológicas de 15 novilhas mestiças leiteiras (3/4, 7/8, 11/16 girolando), de idade média de 16,25 meses, massa corporal média de 294,13 kg, foram avaliadas pela manhã (7:00) e tarde (13:00), durante dez (10) dias não consecutivos, na primavera (15 de outubro a 03 de dezembro de 2021). As novilhas foram mantidas em pastagem de *Brachiaria (Urochloa spp.)*, com água e sal mineralizado *ad libitum*. Uma hora antes de fazer as medições os animais eram conduzidos ao curral de manejo e descansavam sob sombra.

A FR foi determinada pela contagem dos movimentos do flanco direito por 30 segundos e multiplicando por dois ( $\text{mov.min}^{-1}$ ). A TR foi medida pela introdução de um termômetro digital veterinário (6200.03 Animed, faixa de medição até 43,9 °C) na profundidade de 5,0 cm no reto, durante 2 minutos. A TSC foi mensurada na frente do animal utilizando um termômetro infravermelho digital portátil e emissividade de 0,95 (DT 8530), a uma distância de 5,0 cm do animal.

O ambiente térmico foi monitorado no mesmo momento em que se mediram as variáveis termofisiológicas de cada animal, no curral que os animais foram manejados, sob sombra. As temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido e temperatura do globo foram medidas pelo globotermômetro IBUTG (TGM-200) e a velocidade do vento pelo anemômetro (AD-250). Os índices de estresse térmico calculados foram os seguintes: IGNU pela equação de Buffington (1981), ITE pela equação de Baeta et al. (1987), CTR de acordo com Silva e Maia (2013) e ITU pela equação de Berman et al. (2016).

Para análise estatística, os resultados obtidos foram agrupados de acordo com o período do dia (manhã e tarde). Para as variáveis termofisiológicas foi observado a normalidade dos resíduos e então, procedeu-se a análise de variância e as médias

foram comparadas pelo teste t de Student pareado. Já para as variáveis do ambiente térmico não foi verificada a normalidade dos resíduos (teste de Lilliefors), assim utilizou-se o teste de Mann-Whitney para avaliar a influência do período do dia sobre as variáveis ambientais e os índices de estresse térmico.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das variáveis do ambiente térmico e dos índices de estresse térmico à tarde foram maiores que pela manhã (tabela 1). Este resultado é devido principalmente por causa do aumento da temperatura ambiente e da radiação solar ao longo do dia. A condição térmica mais amena pela manhã auxiliaria na dissipação de calor para o ambiente e o contrário aconteceria a tarde em que as condições do ambiente térmico favoreceria o ganho de calor (HOOPER, 2015). Avaliando o ITE verificou-se que, pela manhã, seu valor médio enquadra-se na classificação ausência de problemas e à tarde na classificação cautelosa, segundo Silva (2000) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Médias e desvios padrão das variáveis do ambiente térmico medidas no momento das coletas das variáveis fisiológicas de novilhas mestiças leiteiras.

Variáveis	MANHÃ	TARDE
Temperatura do ar (°C)	24,18 a ± 2,37	30,27 b ± 1,90
Temperatura do globo (°C)	26,30 a ± 2,92	33,42 b ± 2,61
Vento (m/s)	0,91 a ± 1,77	0,49 a ± 1,01
Umidade Relativa (%)	72,66 a ± 12,03	49,40 b ± 9,44
ITU* (Berman et al., 2016)	71,88 a ± 4,41	80,98 b ± 2,80
ITE** (°C)	26,38 a ± 3,15	31,17 b ± 2,03
IGNU <sup>^</sup>	75,56 a ± 3,04	82,48 b ± 2,86
CTR <sup>^</sup>	456,89 a ± 18,30	502,67 b ± 17,87

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo de Mann-Whitney a 5%. \*ITU=Índice de Temperatura e Umidade; \*\*ITE=Índice de Temperatura Equivalente; <sup>^</sup>IGNU=Índice de Globo Negro e Umidade; <sup>^</sup>CTR=Carga Térmica Radiante.

Entretanto, ao avaliar os valores máximos e mínimos de ITE (tabela 2) verificou-se que, o maior valor atingido pela manhã enquadra-se na classificação cautelosa, já o maior valor atingido à tarde, enquadra-se na classificação cautelosa extrema. Porém, vale ressaltar que essa escala foi desenvolvida baseada nas respostas de vacas holandesas de alta produção, e os animais do estudo em questão são novilhas leiteiras mestiças.

Avaliando a umidade relativa, percebe-se que houve grande variação em seus valores pela manhã e tarde (tabela 2). Vale destacar que em ambientes quentes, tanto umidades elevadas quanto muito baixas são prejudiciais, já a baixa umidade facilita o processo de evaporação e pode levar a desidratação do animal, e a umidade elevada dificulta o processo evaporativo, reduzindo a termólise e aumentando o estresse por calor (SILVA, R. G, 2000).

A amplitude de Tar, Tg, v e UR pela manhã foi de 8,80 °C; 11,1 °C; 8,1 m.s<sup>-1</sup> e 67%, respectivamente, e pela tarde foi de 7,40 °C; 10,5 °C; 5,2 m.s<sup>-1</sup> e 38%, respectivamente (Tabela 2). A amplitude de ITU, ITE, IGNU e CTR pela manhã foi de

15; 14 °C; 11 e 69,36, respectivamente, e pela tarde foi de 10; 8; 10 e 73,65, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios, mínimos e máximos das temperaturas do ar (Tar) e do globotermômetro (Tg), vento (v), umidade relativa (UR), Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura Equivalente (ITE), Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU) e Carga Térmica Radiante (CTR) determinadas nos dias de coletas das respostas de termorregulação em novilhas leiteiras mestiças em ambiente tropical.

	Tar (°C)	Tg (°C)	v (m.s <sup>-1</sup> )	UR (%)	ITU	ITE (°C)	IGNU	CTR (w.m <sup>-2</sup> )
Manhã								
média	24,18	26,31	0,92	73	72	26	76	456,90
mínimo	19,60	20,00	0,00	29	63	17	69	418,05
máximo	28,40	31,1	8,10	96	78	31	80	487,41
Tarde								
média	30,27	33,43	0,50	49	81	31	82	502,67
mínimo	25,80	27,3	0,00	29	75	26	77	461,91
máximo	33,20	37,8	5,20	67	85	34	87	535,56

A TR pela manhã foi menor que a tarde (Tabela 3). Este resultado pode ser explicado tanto pelo ritmo circadiano quanto pelo ganho de calor do ambiente. Os animais homeotérmicos apresentam uma variação regular da temperatura corporal interna, durante um período de 24 horas, assim caracterizando um ritmo diário (ODA; TACHINARDI; BÍCEGO, 2020). Esse ritmo sincroniza funções fisiológicas e comportamentais dos animais com o ciclo geofísico do ambiente em que estes se encontram (SILVA; MINOMO, 1995). Rezende et al. (2017) também encontraram resultados semelhantes com novilhas leiteiras Holandês-Gir x Guzerá com cerca de 1 ano de idade (39,0 e 39,5 °C, respectivamente manhã e tarde). Os autores explicaram esse resultado por causa do aumento da temperatura do ar durante o dia (26,0 e 33,5 °C de temperatura máxima, pela manhã e tarde, respectivamente). Ao analisar novilhas Sindi e Guzerá, em confinamento, em temperatura do ar variando de 23,3 a 29,8 °C, Fonsêca et al. (2016) encontraram 38,5 e 38,9 °C, em animais Sindi pela manhã e tarde, respectivamente, e 38,8 e 39,3 °C, em animais Guzerá pela manhã e tarde, respectivamente. Para ambas as raças, os autores também verificaram que a TR à tarde foi superior em relação à TR de manhã. Já, Pereira et al. (2008) submeteram novilhas leiteiras 7/8 Holandês x Zebu a dietas com 30 e 60% de fibra em detergente neutro, e avaliaram sua TR em temperatura ambiente variando de 18 a 26 °C e umidade relativa média de 87%. Encontraram TR média de 38,51 °C pela manhã e 38,95 °C à tarde nos animais que receberam 30% de FDN, e 38,5°C pela manhã e 38,95°C à tarde nos animais que receberam 60% de FDN. Assim como no presente estudo, Pereira et al. (2008) encontraram médias de TR maiores a tarde em comparação às médias obtidas



pela manhã. Em temperatura ambiente variando de 29,5 a 35 °C, Azevêdo et al. (2008) avaliaram TR de 32 bovinos Pé-duro pela manhã e tarde. A TR desses animais foi superior no período da tarde (39,21 °C) em relação à manhã (39,04 °C), como encontrado no presente estudo, e se mantendo dentro dos parâmetros fisiológicos.

A FR pela tarde foi superior ao observado pela manhã (Tabela 3). O acúmulo de calor tanto do metabolismo quanto do ganho do ambiente térmico pode explicar a necessidade do aumento da dissipação de calor evaporativo, por exemplo, aumento da FR. Segundo Almeida, Vizin e Bícego (2020), a passagem da água em estado gasoso para líquido requer alto gasto energético, e ao obter essa energia a partir do calor da superfície corporal retira energia térmica da pele ou da superfície do trato respiratório, através da evaporação, e com isso ocorre resfriamento dessas superfícies. No estudo realizado por Rezende et al. (2017), encontraram 31,7 pela manhã e 29,8 mov.min<sup>-1</sup>, em novilhas leiteiras Holandês-Gir x Guzerá, em temperatura ambiente variando de 26 a 33,5 °C. Neste estudo, diferente dos resultados encontrados no presente estudo, não houve diferença entre manhã e tarde nos valores de FR. Já no estudo realizado por Fonsêca et al. (2016), em temperatura ambiente variando de 23,3 a 29,8 °C e umidade relativa de 56 a 86,8%, avaliaram FR de novilhas Sindi e Guzerá em confinamento. Em relação aos períodos do dia, esses autores também não encontraram diferença (Sindi: manhã 33,6 mov.min<sup>-1</sup> e tarde 34,4 mov.min<sup>-1</sup> e Guzerá: manhã 38,9 mov.min<sup>-1</sup> e tarde 40,6 mov.min<sup>-1</sup>). Já em outro estudo, Azevêdo et al. (2008) utilizaram 32 bovinos Pé-duro e sob temperatura ambiente variando de 29,5 a 35,0 °C avaliaram sua FR. Verificaram que pela manhã a FR foi menor (26,40 mov.min<sup>-1</sup>) do que à tarde (28,00 mov.min<sup>-1</sup>), porém não houve influência significativa do horário do dia. E, Pereira et al. (2008) avaliaram FR de novilhas leiteiras 7/8 Holandês x Zebu submetidas a dietas com 30 e 60% de fibra em detergente neutro em temperatura ambiente variando de 18 a 26 °C e umidade relativa média de 87%. Encontraram FR média de 31,58 mov.min<sup>-1</sup> pela manhã e 34,92 mov.min<sup>-1</sup> à tarde nos animais que receberam 30% de FDN, e 28,94 mov.min<sup>-1</sup> pela manhã e 36,58 mov.min<sup>-1</sup> à tarde nos animais que receberam 60% de FDN. Esses autores encontraram médias de FR maiores a tarde em comparação às médias obtidas pela manhã e não houve diferença entre os tratamentos.

A TCS foi maior à tarde em relação à manhã (Tabela 3). Isso se deve ao fato de que a temperatura ambiente e a radiação solar se intensificaram no período da tarde e a umidade relativa tendeu a cair (Tabela 2) uma vez que a temperatura do ar, velocidade do vento, umidade e radiação solar influenciam nos valores de TCS (FERREIRA, 2006). No presente estudo observou-se que a variação nos valores da TCS acompanhou a alteração da temperatura do ar pela manhã e pela tarde (Figura 1). O resultado obtido pode ser explicado, devido ao aumento do fluxo sanguíneo cutâneo, que leva a uma

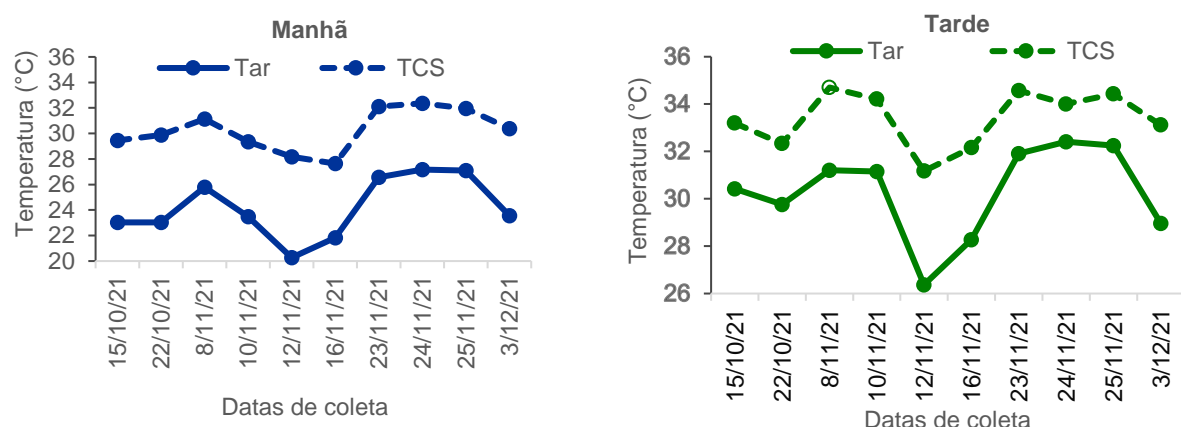
elevação da temperatura da pele para que acentue a perda de calor (KLEIN, 2014). Porém, para que essa perda de calor ocorra de maneira eficiente o ambiente deve possuir condições adequadas. Quando a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura crítica superior, o meio mais eficiente para perda de calor é a evaporação (ALMEIDA, VIZIN, BÍCEGO, 2020). No estudo realizado por Fonsêca et al. (2016), em temperatura ambiente de 23,3 a 29,8 °C e umidade relativa de 56 a 86,8%, avaliando a TCS de novilhas Sindi e Guzerá em confinamento, semelhantemente ao presente estudo, relataram que a TCS foi maior a tarde que pela manhã (Sindi: manhã 31,6 °C e tarde 34,1 °C, Guzerá: manhã 31,8 °C e tarde 34,4 °C). Em outro estudo, na Paraíba, Brasil, Souza et al. (2007) avaliaram com 12 fêmeas Sindi quanto à TCS, em temperatura ambiente média pela manhã de 26,3 °C e 38,2 °C à tarde, e umidade relativa média de 71% pela manhã e 38% à tarde. Também encontraram efeito do horário do dia sobre a TCS, que teve médias superiores no período da tarde (31,8 °C) em comparação com à manhã (29,1 °C).

Tabela 3: Média e erro padrão das temperaturas retal e fronte e frequência respiratória de novilhas leiteiras mestiças em ambiente tropical.

	TR (°C)	FR (mov.min <sup>-1</sup> )	TCS (°C)
Manhã	38,59 ± 0,02a	32,39 ± 0,37a	30,24 ± 0,16a
Tarde	38,82 ± 0,03b	36,62 ± 0,53b	33,39 ± 0,11b

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste t (P < 0,01).

Figura 1: Média diária da temperatura do ar (Tar) e temperatura corporal superficial (TCS) pela manhã e tarde de novilhas leiteiras mestiças em ambiente tropical.



Os valores de TR e FR (tabela 3) estiveram próximos aos encontrados por Brettas et al. (2017) em novilhas mestiças leiteiras (38,85 °C e 41,97 mov.min<sup>-1</sup>, respectivamente, TR e FR). Por fim, apesar dos valores dos indicadores de estresse térmico, TR, FR e TCS estarem dentro dos valores considerados de normalidade para animais criados em regiões tropicais, é importante oferecer alguma medida de amenizar

os efeitos do ambiente térmico principalmente pensando em bem-estar animal. Adicionalmente, no futuro seria interessante avaliar além das medidas termofisiológicas, as endócrinas, por exemplo, hormônios tireoideanos, cortisol, as de marcadores sanguíneos, como relação neutrófilos/linfócitos, a expressão gênica, o desempenho, dentre outras.

## 5 CONCLUSÃO

O período do dia interfere diretamente nas variáveis termofisiológicas das novilhas leiteiras mestiças, variáveis ambientais e índices de estresse térmico. Sendo que pela tarde, quando a temperatura do ar e a radiação solar são mais elevadas, as variáveis termofisiológicas, são maiores que pela manhã, porém se mantem dentro dos limites fisiológicos normais. Quanto às variáveis ambientais e índices de estresse térmico, também apresentam maiores valores à tarde em comparação à manhã, com exceção da umidade relativa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C.; VIZIN, R. C. L.; BÍCEGO, K. C. Mecanismos termorreguladores em vertebrados. *In: Fisiologia térmica de vertebrados*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. cap. 4, p. 89-117. Disponível em: <http://www.culturaacademica.com.br/catalogo/fisiologia-termica-de-vertebrados/>. Acesso em 30 nov. 2020.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 188). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/664507/1/documento188.pdf> Acesso em: 10 nov. 2020.

AZEVÊDO, D.M.M.R. *et al.* Adaptabilidade de bovinos da raça pé-duro às condições climáticas do semi-árido do estado do Piauí. **Archivos de zootecnia**. Córdoba v. 57, n. 220, p. 515, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60082/1/26-18-31-13AdaptabilidadeAzevedo.pdf> Acesso em: 30 jul. 2022.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Formas sensíveis de transferência de calor animal ambiente. *In: BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal***. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. cap. 8, p. 33-56.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Índices do ambiente térmico. *In: BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal***. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. cap. 10, p. 64-80.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Acondicionamento térmico das instalações. *In: BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal***. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. cap. 11, p. 81-128.

BERMAN, A. *et al.* A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, p. 1453–1462, 2016. DOI: 10.1007/s00484-016-1136-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-016-1136-9#citeas> Acesso em: 24 nov. 2020.

BÍCEGO, K. C. Ectotermia e endotermia. *In: Fisiologia térmica de vertebrados*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. cap. 3, p. 69-87. Disponível em: <http://www.culturaacademica.com.br/catalogo/fisiologia-termica-de-vertebrados/>. Acesso em 30 nov. 2020.

BÍCEGO, K. C.; GARGAGLIONI, L. H. **Fisiologia térmica de vertebrados**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 359-363. Disponível em: <http://www.culturaacademica.com.br/catalogo/fisiologia-termica-de-vertebrados/>. Acesso em 30 nov. 2020.

BRETTAS, P. K. M. *et al.* Melhor índice de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 45, n. 1486, 2017. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/actavet/45/PUB%201486.pdf> Acesso em: 01 out. 2020.

BUFFINGTON, D. E. *et al.* Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for

dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24 n. 3, p. 711-714, 1981.

Disponível em:

<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=34325&CID=t1981&v=24&i=3&T=1>. Acesso em: 24 nov. 2020.

CIRCADIANO. *In*: **Michaelis, Dicionário brasileiro da língua brasileira**. São Paulo: Melhoramentos, 2022. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/circadiano>. Acesso em: 26 abr. 2022.

DANTAS, M. R. T. *et al.* Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 7. ed. 194, Art. 1306, 2012. Disponível em:

<https://www.pubvet.com.br/uploads/90e4345d459c5b07c437e93cd5fce03b.pdf>

Acesso em: 10 nov. 20.

FEITOSA, F. L. F. Exame físico geral ou de rotina. *In*: FEITOSA, F. L. F. **Semiologia Veterinária: A arte do diagnóstico**. 3. ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 122-159.

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. Disponível

em: <https://www.scielo.br/pdf/abmvz/v58n5/05.pdf> Acesso em: 01 out. 2020.

FONSÊCA, V. F. C. *et al.* Thermoregulatory responses of sindhi and guzerat heifers under shade in a tropical environment. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 4327-4338, nov./dez. 2016. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n6p4327.

Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445748913043.pdf> Acesso em: 12 out. 2020.

GOSLING, S. N. *et al.* A glossary for biometeorology. **International Journal Biometeorology**, Lisse, v. 58, p. 277–308, 2014. DOI: 10.1007/s00484-013-0729-9.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-013-0729-9>. Acesso em: 24 nov. 2020.

HOOPER, Henrique Barbosa. Expressão gênica de proteínas de choque térmico como marcador molecular de termotolerância em vacas Nelore. **Dissertação (Mestrado em Biociência Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo**, Pirassununga, 2015. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74135/tde-08092015-112214/pt-br.php>. DOI:10.11606/D.74.2015.tde-08092015-112214. Acesso em: 14 ago. 2022.

KLEIN, B. G. Termorregulação. *In*: **Cunningham Tratado de fisiologia veterinária**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. cap. 53, p. 1420-1447.

LEE, J. A.; ROUSSEL, J. D.; BEATTY, J. F. Effect of temperature-season on bovine adrenal cortical function, blood cell profile, and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 59, n. 1, p. 104-108, 1974. Disponível em:

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(76\)84163-X/abstract#secd9334166e60](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(76)84163-X/abstract#secd9334166e60). DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84163-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84163-X). Acesso em: 29 nov. 2020.

LIMA, L. E. B; VARGAS, N. N. G. O relógio biológico e os ritmos circadianos de mamíferos: uma contextualização histórica. **Revista da Biologia**. São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1–7, 2014. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/revbiologia/article/view/109114>. DOI: <https://doi.org/10.7594/revbio.12.02.01> Acesso em: 26 abr. 2022

MARTELLO, L. S. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100022>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982004000100022&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982004000100022&script=sci_arttext). Acesso em: 01 dez. 2020.

NOVAIS, G. T.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 23, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58520>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>. Acesso em: 22 ago. 2022.

ODA, G. A.; TACHINARDI, P.; BÍCEGO, K. C. Variação circadiana da temperatura corporal e do metabolismo energético. *In: Fisiologia térmica de vertebrados*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. cap. 10, p. 253-273. Disponível em: <http://www.culturaacademica.com.br/catalogo/fisiologia-termica-de-vertebrados>. Acesso em 30 nov. 2020.

PEREIRA, J. C. *et al.* Desempenho, temperatura retal e frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.2, p.328-334, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/L6qxS6CD5fZY4C3FWHm9KVf/abstract/?lang=pt> DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000200020> Acesso em: 02 ago. 2022.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Relação dos dados climáticos com o desempenho do animal. *In: RESENDE, H.; DE CAMPOS, A. T.; PIRES, M. F. A. Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. p. 103-112.

REECE, W. O. Temperatura Corporal e sua Regulação. *In Dukes Fisiologia dos animais domésticos*. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. Cap. 13, p. 346-359.

REZENDE, S. R. *et al.* Effect of season on haircoat characteristics and physiological parameters of Holstein-Gyr x Guzerá crossed heifers. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 381-390, jan./fev. 2017. DOI: 10.5433/1679-0359.2017. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/24875/20566>. Acesso em: 01 out. 2020.

RITMO. *In: Michaelis, Dicionário brasileiro da língua brasileira*. São Paulo: Melhoramentos, 2022. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ritmo>. Acesso em: 26 abr. 2022.

SÁ FILHO, G. F. *et al.* Índices de conforto térmico aplicado a animais de produção. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 14, ed. 201, art. 1349, 2012. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/uploads/fe0dfec44e39835e0421650360565dce.pdf> Acesso em: 01 dez. 2020.

SILVA, R. G. Índices de adaptação e de conforto térmico. *In: SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Editora Nobel, 2000. cap. 5, p. 204-214.

SILVA, R. G. Conceito de equilíbrio térmico. *In: SILVA, R. G. Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente*. Jaboticabal: FUNEP, 2008. cap. 5, p. 131-164.

SILVA, R. G. Especificação do ambiente. *In*: SILVA, R. G. **Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. cap. 10, p. 355-383.

SILVA, R. G. Um modelo para a determinação do equilíbrio térmico de bovinos em ambientes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1244-1252, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000400039>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982000000400039&lng=en&nrm=isso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982000000400039&lng=en&nrm=isso). Acesso em: 24 nov. 2020.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. The environment. *In*: SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorology**. Springer, 2013. cap. 1, p. 1-37. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-5733-2> Acesso em: 30 nov. 2020.

SILVA, R. G.; MINOMO, F. R. Circadian and seasonal variation of the body temperature of sheep in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 39, n. 2, p. 69-73, 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01212583> DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01212583> Acesso em: 03 ago. 2022

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1192-1198, 2007 (supl.). Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n4s0/28.pdf> Acesso em: 01 dez. 2020.

SILVA, R. M. N. *et al.* Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça Sindi no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 193-199, jan./fev. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n1/a24.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

SOUZA, B. B. *et al.* Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.06, n 02, p. 59 – 65, abril/junho 2010. Disponível em: <http://www.nupea.esalq.usp.br/admin/modSite/arquivos/imagens/8202ff129439e9f774d1b2009a6af62d.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

SOUZA, B. B. *et al.* Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça sindi no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 883-888, maio/jun., 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/PR3vmwmYvThsYmXdZGXMHPb/?format=pdf&lang=pt>. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300040> Acesso em: 03 ago. 2022.

SOUSA, C. E. C.; CRUZ-MACHADO, S. S; TAMURA, E. K. Os ritmos circadianos e a reprodução em mamíferos. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**. Juiz de Fora, v. 27, n. 1/2, p. 15-20, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/boletimcbr/article/view/17021> Acesso em: 26 abr. 2022.

SOUZA JUNIOR, J. B. F. Fluxo de calor latente e mecanismos termorregulatórios em bovinos no semi-árido. **PUBVET**, Maringá, v.2, n.28, art. 347, Jul, 2008. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/material/Souza282.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2020.

TOSETTO, R. M. *et al.* Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v.2, n. 1, p. 6-10, 2014. DOI <http://dx.doi.org/10.14269/2318->



1265.v02n01a02 Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Ana\\_Paula\\_De\\_Assis\\_Maia/publication/260203129\\_Influencia\\_do\\_macroclima\\_e\\_do\\_microclima\\_sobre\\_conforto\\_termico\\_de\\_vacas\\_leiteiras/links/0deec53023791b3bc8000000/Influencia-do-macroclima-e-do-microclima-sobre-conforto-termico-de-vacas-leiteiras.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana_Paula_De_Assis_Maia/publication/260203129_Influencia_do_macroclima_e_do_microclima_sobre_conforto_termico_de_vacas_leiteiras/links/0deec53023791b3bc8000000/Influencia-do-macroclima-e-do-microclima-sobre-conforto-termico-de-vacas-leiteiras.pdf). Acesso em: 01 dez. 2020.