

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

João Mateus Oliveira Ferreira

**Influência do resfriamento no curral de espera sobre o microclima, a fisiologia e a
produtividade de vacas leiteiras**

Uberlândia
2025

JOÃO MATEUS OLIVEIRA FERREIRA

**Influência do resfriamento no curral de espera sobre o microclima, a fisiologia e a
produtividade de vacas leiteiras**

Monografia apresentada à Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientadora: Dra Mara Regina Bueno de
Mattos Nascimento

Uberlândia

2025

RESUMO

As tecnologias para resfriamento animal têm melhorado a ambiência nos sistemas produtivos em todo o mundo, proporcionando aos animais bem-estar ao atender as exigências de conforto térmico em condições de altas temperaturas externas como têm se observado nos últimos anos, por alterações constantes nas condições climáticas. Nesse estudo, objetivou-se avaliar o efeito do sistema de resfriamento com o uso de aspersores e ventiladores no curral de espera para vacas em lactação, pela avaliação de variáveis termofisiológicas, comportamentais, produção de leite e ambiente térmico. Foram avaliadas 12 vacas em lactação, da raça girolando, primíparas, com intervalo de 120 a 180 dias de lactação. Essas foram submetidas a dois tratamentos sem e com aspersão e ventilação durante 6 dias em cada, onde foram mensurados a frequência respiratória (FR), temperaturas de fronte (TF) e de úbere (TU), comportamento de ruminação ou dessedentação e a produção de leite diária. Os dados coletados foram avaliados utilizando o teste *t Student*, exceto algumas variáveis como: temperatura de fronte, frequência de ruminação, frequência de bebedouro e a umidade relativa pela manhã. Nessas variáveis foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon. No entanto em ambos os testes, foi utilizado o nível de significância de 5%, sendo ($p < 0,05$). O resfriamento pela manhã, proporcionou redução de 1,15°C na temperatura máxima e 1,34°C na temperatura mínima do curral de espera, resultando em um Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura Equivalente (ITE) de 68,32 e 25,94 °C, respectivamente. A tarde, o sistema também reduziu a temperatura máxima em 2,96°C e a temperatura mínima em 3,11°C, proporcionando um ITU e ITE de 77,06 e 30,75°C, respectivamente. Nas respostas fisiológicas das vacas, foi possível perceber pela manhã, redução da frequência respiratória (53,44 r.p.m), temperatura de fronte (29,39°C) e temperatura de úbere (32,76°C) em relação ao sem resfriamento, que apresentou resultados como: FR (74,36 r.p.m.), TF (30,08°C) e TU (34,27°C). A tarde, com resfriamento essa variáveis, também apresentaram valores menores de: FR (59,06 r.p.m.), TF (31,54°C) e TU (34,24°C) em relação ao sem resfriamento, com valores de: FR (91,97 r.p.m.), TF (34,06°C) e TU (36,64°C). Já a produção de leite não diferiu entre os tratamentos com e sem resfriamento. Em relação ao comportamento, houve maior frequência de ruminação e menor frequência ao bebedouro com o sistema de resfriamento. Portanto, o sistema de aspersão e ventilação, foi eficiente em proporcionar condições de conforto térmico aos animais pela manhã e a tarde, no entanto precisa de ajustes para aumentar sua eficiência a tarde na questão de microclima.

Palavras-chave: aspersão; ventilação; conforto térmico; ambiência; lactação.

ABSTRACT

Animal cooling technologies have improved the environment in production systems worldwide, providing animal well-being by meeting thermal comfort requirements in high external temperatures, as has been observed in recent years due to constant changes in climate conditions. This study aimed to evaluate the effect of a cooling system using sprinklers and fans in the holding pen for lactating cows by evaluating thermophysiological and behavioral variables, milk production, and thermal environment. Twelve lactating Girolando cows, primiparous, with a lactation interval of 120 to 180 days, were evaluated. They were subjected to two treatments (without and with spraying and ventilation) for six days each. Respiratory rate (RR), forehead temperature (FT), udder temperature (UT), rumination or watering behavior, and daily milk production were measured. The collected data were evaluated using the Student's t-test, except for some variables such as forehead temperature, rumination frequency, drinker frequency, and morning relative humidity. The nonparametric Wilcoxon test was used for these variables. However, in both tests, a significance level of 5% was used, with $p < 0.05$. Morning cooling provided a reduction of 1.15°C in the maximum temperature and 1.34°C in the minimum temperature of the holding pen, resulting in a Temperature and Humidity Index (THI) and Equivalent Temperature Index (ITE) of 68.32 and 25.94°C, respectively. In the afternoon, the system also reduced the maximum temperature by 2.96°C and the minimum temperature by 3.11°C, resulting in a THI and ITE of 77.06 and 30.75°C, respectively. In the physiological responses of the cows, it was possible to observe in the morning, a reduction in respiratory rate (53.44 r.p.m.), forehead temperature (29.39°C) and udder temperature (32.76°C) in relation to without cooling, which presented results such as: FR (74.36 r.p.m.), TF (30.08°C) and TU (34.27°C). In the afternoon, with cooling, these variables also presented lower values of: FR (59.06 r.p.m.), TF (31.54°C) and TU (34.24°C) in relation to without cooling, with values of: FR (91.97 r.p.m.), TF (34.06°C) and TU (36.64°C). Milk production did not differ between treatments with and without cooling. Regarding behavior, there was a higher frequency of rumination and lower frequency of use of the waterer with the cooling system. Therefore, the sprinkler and ventilation system was effective in providing thermal comfort to the animals in the morning and afternoon. However, it requires adjustments to increase its effectiveness in the afternoon regarding microclimate.

Keywords: sprinkler; ventilation; thermal comfort; ambiance; lactation.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por sempre me abençoar e me proteger durante minha jornada.

À minha família e amigos que sempre me apoiaram e estiveram junto comigo durante toda a graduação.

À professora orientadora Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento pela amizade, orientação e por acreditar no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia por promover a oportunidade de efetuação do curso de Zootecnia.

Aos professores pelo ensino de qualidade e o esforço para proporcionar uma boa aprendizagem.

À Fazenda Experimental - Campus Glória pela oportunidade e orientação sobre o desenvolvimento da área de bovinocultura leiteira.

À Banca Examinadora pela avaliação e disponibilidade.

“Fechar um trabalho de conclusão de curso é possível, mas acabá-lo é impossível, pois é uma obra em permanente construção” – Ezequiel Redin

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 13 |
| 2.1 Panorama da produção leiteira no Brasil | 13 |
| 2.2 Definição de termoneutralidade ou conforto térmico..... | 14 |
| 2.3 Respostas fisiológicas de vacas leiteiras sob estresse por calor | 16 |
| 2.4 Maneiras de proporcionar o conforto térmico para vacas leiteiras | 17 |
| 2.5 Índices de estresse térmico – Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e índice de temperatura Equivalente (ITE) | 18 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 4 RESULTADOS | 22 |
| 5 DISCUSSÃO. | 24 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 26 |
| REFERÊNCIAS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

O resfriamento por aspersores e ventiladores na sala de espera (pré-ordenha) para vacas leiteiras, é uma das tecnologias mais utilizadas nos sistemas de produção intensificado. Esse sistema reduz a temperatura corporal e proporciona conforto térmico aos animais pelo sinergismo de dissipação de calor da superfície do animal com a água (condução), e da água com o ambiente (convecção), sucessivamente (Baêta e Souza, 2010).

Em casos de temperaturas acima dos 30°C e umidade relativa de 40 a 50%, o uso de ventilação forçada e aspersão de água pode promover uma perda de calor mais eficiente (Gomes *et al.*, 2021). No entanto, a eficiência desse sistema precisa ser avaliada, o que não é recorrente na maioria das propriedades que o utilizam, fazendo com que os resultados quanto a homeotermia e a produção de leite não alcancem o esperado, gerando custos adicionais na produção, sem retorno econômico.

A relevância desse estudo nos dias atuais, tem se intensificado devido a incidência frequente de altas temperaturas por questões das mudanças climáticas, sendo necessário o uso de tecnologias eficientes que proporcionem o conforto térmico aos animais com alta produção de calor endógeno como as vacas especializadas em produção leiteira (Martins, 2021)

Portanto, objetivou-se avaliar a eficiência do sistema de resfriamento no curral de espera pela mensuração da produção de leite, respostas termofisiológicas e comportamentais de vacas da raça Girolando em lactação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama da produção leiteira no Brasil

A produção leiteira é uma atividade pecuária de importância no agronegócio mundial, com uma produção de cerca de 753,321 milhões de toneladas de leite em 2022, sendo os maiores produtores: a Índia com 108,371 bilhões de litros produzidos e os EUA com 102,722 bilhões de litros produzidos (CILEite-Embrapa, 2024). O Brasil está no ranking de 3º maior produtor mundial com uma produção em torno de 34,6 bilhões de litros de leite, empregando cerca de 4 milhões de pessoas, segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (2024). Atualmente nosso rebanho é composto por 15,7 milhões de vacas ordenhadas, sendo este constituído em 90% pelas raças: Girolando, Gir e Holândes (Neiva e Pereira, 2024), com uma produtividade média de 2.203,82 litros, por lactação (305 dias), por vaca, e uma produção diária média de 7,22 litros de leite por animal.

Os principais estados produtores de leite do Brasil são: Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Goiás, sendo Minas Gerais o maior produtor com 9.362.690 bilhões de litros produzidos, segundo o IBGE de 2024. Contudo, concluem que a região sul tem apresentado maior produtividade por mesorregiões, correspondendo em 20,44% da produção brasileira, com um volume de 7,07 bilhões de litros de leite produzidos (Hott; Andrade e Magalhaes Jr, 2024).

No entanto, a pecuária de leite no Brasil apresenta grande heterogeneidade entre os produtores, visto que apenas 7,4% dos mesmos, têm uma produção total diária acima de 200 litros/dia e que dos 92,6% restantes, cerca de 420 mil apresentam uma produção total inferior a 10 litros/dia. Dentre as causas dessa diferenciação entre as propriedades leiteiras, podemos citar: a baixa eficiência do uso dos insumos; a baixa produtividade por vaca, a necessidade de melhora na qualidade do leite; a falta de escala de produção, por fragmentação e o alto custo com transportes são responsáveis em grande proporção pela falta de competitividade e aumento do custo do litro de leite no país (Carvalho, 2024).

No atual cenário econômico da atividade o preço do leite se encontra descapitalizado, registrando valores menores de R\$ 1,80/L pago aos pequenos produtores. Sendo os principais fatores: a queda na demanda do mercado de laticínios e o aumento de importações de lácteos principalmente da Argentina e Uruguai, por apresentarem preços de 0,03 a 0,04 centavos de dólar abaixo do preço do litro de leite nacional. (Rubens, 2024). No entanto o governo brasileiro em situação desse cenário, vem adotando medidas de valorização do comércio de leite nacional,

apresentando benefícios de crédito a empresas que comercializam o mesmo e linhas de crédito especiais para os produtores (Embrapa Gado de Leite, 2024).

Contudo, esses gargalhos na pecuária de leite, precisam de medidas públicas e privadas de assistência técnica as propriedades rurais na gestão, adoção e uso correto de tecnologias mais adequadas à realidade local dos sistemas de produção. Dessa forma, buscando a melhor adequação da nutrição, sanidade e ambiência para o rebanho, além de tecnificação dos processos de ordenha e armazenamento para garantir maior produtividade por vaca e qualidade de leite produzido (Peixoto; De Moura e De Faria, 1993).

2.2 Definição de termoneutralidade ou conforto térmico

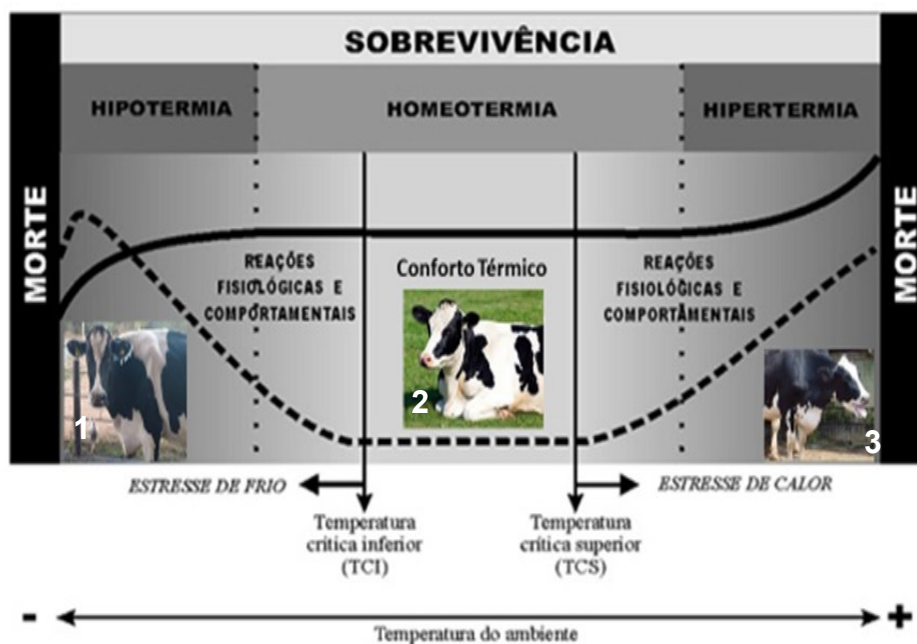
A vaca leiteira por ser um animal homeotérmico regula sua temperatura corporal interna independente da temperatura do ambiente por meio de mecanismos fisiológicos de produção e perda de calor. No entanto, o gasto energético para manter o equilíbrio entre esses mecanismos é mínimo quando mantido em conforto térmico/zona de termoneutralidade.

Já a zona de termoneutralidade é a faixa de temperatura ambiente em que o animal mantém sua temperatura corporal estável, sem mudanças na produção de calor metabólico ou ativação da perda de calor evaporativa. Pois, quando o animal está em conforto térmico seu organismo não faz qualquer esforço para ganhar ou perder energia térmica, fazendo com que nessa condição a maior parte da energia ingerida seja destinada a produção (Baêta e Silva, 2010).

A zona de termoneutralidade é delimitada pela temperatura crítica inferior (TCI) e pela temperatura crítica superior (TCS) (Figura 1). Portanto, quando a temperatura do ar estiver abaixo da TCI o animal estará submetido ao estresse por frio e acima da TCS estará sob estresse por calor (Baccari Júnior, 2001). Sendo assim, para manter sua temperatura interna sob frio, fisiologicamente, é necessário que o organismo do animal aumente a termogênese e/ou diminua a termólise.

Por outro lado, sob calor, o mesmo deverá reduzir a produção de calor e aumentar a dissipação de calor para o ambiente. Em casos de falha nesses mecanismos fisiológicos poderá ocorrer hipotermia e hipertermia, respectivamente, em situação de estresse por frio e por calor (Chiquitelli Neto, 2012).

Figura 1. Representação esquemática da zona de termoneutralidade para vacas leiteiras.



Fonte imagem gráfico: Prof. Dr. Marcos (2012). UNESP-Ilha Solteira;

Fonte imagem de vaca 1 (estresse de frio): G1 Globo

Fonte Imagens de vaca 2 (conforto térmico) e 3 (estresse por calor): MilkPoint

Legenda:

- Representação da variação da temperatura interna da vaca.
- - - - - Representação da utilização de energia para termorregulação

2.3 Respostas fisiológicas de vacas leiteiras sob estresse por calor

As vacas leiteiras estão sendo constantemente melhoradas geneticamente e condicionadas a dietas de excelente qualidade nutricional e a manejo sanitários de alta eficiência para que expressem seu potencial genético com alta produtividade diária de kg de leite. No entanto, segundo Baêta e Souza (2010), o ambiente é um dos fatores primordiais para a expressão do potencial genético do animal e em casos de ambientes estressantes o animal estabelece a prioridade de manter a função vital de manutenção, deixando de lado a produção e reprodução.

As fêmeas dos bovinos, durante a lactação apresentam uma maior eficiência no metabolismo, para que possa absorver e transportar em grande porcentagem os nutrientes provindos de sua alimentação pela circulação sanguínea até a glândula mamária para que a mesma possa sintetizá-los e produzir o leite. No entanto, esse processo intensificado promove um aumento

da produção de calor interno no animal, necessitando que o mesmo seja dissipado para o ambiente a fim de manter seu equilíbrio térmico (Titto, 1998)

Essa dissipação de calor pode ocorrer de forma espontânea por condução de calor desde de que a temperatura e a umidade do ambiente estejam dentro da zona de conforto térmico. Segundo Araujo *et al.* (2014), as faixas de temperaturas para vacas em lactação, são classificadas em: de 7 a 26 °C (ótima); de 27 a 34 °C (regular) e acima de 35 °C (crítica) e afirmam que a umidade relativa ideal se encontra entre 50 a 70%. Contudo, em casos de temperaturas elevadas comumente observadas nos trópicos, é necessário a ativação de respostas fisiológicas e comportamentais para promover e alcançar a homeostase térmica (Machado e Silva, 2018).

Dentre os principais distúrbios fisiológicos para controle térmico em bovinos, pode-se citar: aumento da frequência respiratória e da evaporação cutânea para difusão do calor; maior fluxo sanguíneo periférico, para troca de calor do sangue com a pele do animal por condução; permanência em pé para ampliar a área de contato da superfície com o ambiente (Pires *et al.*, 2002); maior ingestão de água para repor as perdas por suor e respiração e promover o resfriamento corporal, através do contato da água com as mucosas do trato digestivo (Perissinotto, M. *et al.*, 2005); inibição do centro de apetite no hipotálamo reduzindo a ingestão de matéria seca (MS) e redução da motilidade ruminal, para menor produção de calor interna (Baccari Júnior, 2001).

2.4 Maneiras de proporcionar o conforto térmico para vacas leiteiras

Em uma propriedade produtora de leite existem diversos fatores naturais que não podem ser alterados como: temperatura, relevo, vento, umidade, radiação solar, precipitação, etc. No entanto, segundo Baêta e Souza (2010), sabendo que o animal dissipa calor para o ambiente pode-se utilizar de meios tecnológicos, que se integrem aos recursos climáticos para promover um microclima favorável para essa dissipação de calor de forma que o animal consiga manter constante seu conforto térmico sem o uso excessivo de mecanismos fisiológicos.

Segundo os autores, existem quatro formas sensíveis do animal dissipar calor para o ambiente: condução, onde o animal troca calor pelo contato com superfícies de diferentes temperaturas; convecção, onde o ar em contato direto com a superfície do animal, se aquece, reduz densidade e se movimenta levando o calor da pele para o ambiente; radiação que é a troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas através de meio transparente entre dois pontos ou mais de diferentes temperaturas e evaporação, onde a troca de calor é promovida por perda de vapor de água provindo do suor e/ou respiração para o ambiente.

Na bovinocultura leiteira, as tecnologias utilizadas para garantir conforto térmico aos animais são determinadas de acordo com o sistema de produção, condição de investimento e a genética dos animais. Em propriedades em que consiste a criação de bovinos com composição genética zebuína maior como: $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{5}{8}$, a maior adaptabilidade a condições de altas temperaturas e a sistemas de produção menos intensificados, permite o uso de tecnologias simples como: refúgios de sombras nas áreas de descanso, evitando a incidência excessiva de radiação solar na pele do animal, podendo ser natural por árvores ou artificial com o uso de telhas ou sombrite em conjunto a ventilação e/ou aspersão (Gomes *et al.*, 2021).

No entanto, em sistemas intensificados de confinamento com o uso de galpões, onde consiste a criação de animais com maior composição genética europeia como: $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$, se faz necessário o uso de ventilação forçada e até mesmo o uso de aspersão de água, em casos de temperaturas acima dos 30°C e umidade relativa de 40 a 50%, sucessivamente para promover uma perda de calor mais eficiente, devido aos aspectos fisiológicos de pelame, a sensibilidade a altas temperaturas e a maior produção de calor endógena pela alta produtividade de leite desses animais.

2.5 Índices de estresse térmico – Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e índice de temperatura Equivalente (ITE)

Para se fazer a avaliação do conforto térmico dos animais em seus ambientes foram determinadas equações que são índices de estresse térmico que indicam o quanto o ambiente é favorável termicamente ao animal onde está sendo manejado na instalação, pelos valores numéricos.

Dentre esses índices, tem-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) desenvolvido primeiramente por Thom (1959) determinando os valores numa equação linear, baseando-se nas temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido:

$$ITU = 0,72 (td + tw) = 40,6$$

em que td: Temperatura de bulbo seco, em °C, e tw: Temperatura de bulbo úmido, em °C

(Thom, 1959)

No entanto, com o avançar das pesquisas essa equação foi se atualizando para determinação de valores com maior precisão até a equação proposta por Berman *et al.* (2016), que associa temperatura do ar e umidade relativa:

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

em que: Ta: temperatura do ar, em °C, e UR: umidade relativa, em %.

(Berman *et al.*, 2016)

Para vacas leiteiras foi determinado por Johnson e Ragsd (1962), que a faixa de índice adequada era de 71 a 74,5, mas podendo chegar até o limite crítico de 81. E ressaltava que valores acima de 74,5 ocasionaram queda de 3,47% na produção de leite diária, a cada aumento de unidade do índice em vacas leiteiras de alta produção, caracterizando maior sensibilidade que em vacas de baixa produção, onde a redução da produtividade representou apenas 2,85%.

No entanto, uma pesquisa realizada por Collier *et al.*, (2012), avaliou que em condições de ITU acima de 72, promove queda na produção de leite e de 11,5% na ingestão de matéria seca (IMS), principalmente para vacas de alta produção de leite.

Contudo, outro estudo recente, realizado por Negri *et al.* (2023), avaliou a tolerância ao estresse para vacas da raça Girolando de diferentes composições genéticas e definiu que o ITU de 80 apresentou estresse térmico as fêmeas: $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{5}{8}$, assim como os ITU's de 77 e 78 também determinaram estresse térmico as fêmeas: $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$.

Outro índice utilizado é o ITE (Índice de Temperatura Equivalente) desenvolvido por Baêta *et al.* (1987), que por meio de uma equação linear utiliza dos fatores de temperatura do ar (entre 16 e 41 °C); umidade do ar (entre 40 e 90%) e velocidade do ar (entre 0,5 e 6,5 m/s) para desenvolver seus valores:

$$ITE = 27,88 - 0,456 Ta + 0,0107547 Ta^2 - 0,4905 UR + 0,00088 UR^2 + 1,1507 v - 0,126447 v^2 + 0,019876 Ta UR - 0,046313 Ta v$$

em que: Ta: temperatura do ar, em °C, UR: umidade relativa, em % e v: velocidade do vento, em m.s⁻¹

(Baêta *et al.*, 1987)

Os valores de ITE são comparados aos valores de temperatura do ar, portanto para determinação da qualidade de ambiência da instalação precisa que o seu valor esteja contido na faixa de termoneutralidade do animal. Segundo Baêta *et al.* (1987), um acréscimo de 1 °C no ITE, representa queda de 2,5% na produção de leite de vacas holandesas de alta produção.

Portanto para melhor entendimento o autor definiu uma categorização, indicando os valores de ITE de acordo com o comportamento fisiológico do animal, da seguinte forma: ≥ 18 a 27°C (sem estresse); ITE de 27 a 32°C (início de estresse); ITE de 32 a 38°C (estresse moderado); ITE de 38 a 44°C (estresse elevado) e ITE ≥ 44 °C (estresse grave).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Setor de Bovinocultura de Leite da Universidade Federal de Uberlândia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, em 12 dias, dentro do período de 21 de janeiro a 5 de fevereiro, sendo aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Uberlândia, processo N° 23117.000361/2025-19.

No setor de bovinocultura de leite, o curral de espera é composto por duas repartições feitas de mourões e tábuas, coberto por telha de barro, com piso de concreto do tipo sextavado. O mesmo possui 221 m² de área total e uma altura de 3m e tem capacidade para 88 vacas com espaçamento de 2,5 m² por animal. Durante o experimento foi utilizado apenas a primeira repartição de 110,5 m², onde eram alojados 22 animais, sendo destes analisados apenas 12.

Essas 12 vacas em lactação foram selecionadas pelas seguintes características: primíparas, raça Girolando, com dias de lactação (DEL) de 120 a 280 dias. As mesmas, se encontravam todas confinadas em um galpão de Compost Barn, durante todo o período do estudo.

Na primeira semana do experimento, os animais foram submetidos ao tratamento controle que trata da ausência de resfriamento no curral de espera, durante 6 dias consecutivos (SR). Já na segunda semana, estes animais foram submetidos ao resfriamento no curral de espera (CR) também por 6 dias consecutivos. Sendo a coleta de dados realizada após o resfriamento nesse tratamento.

Mediu-se então nos animais durante o experimento as seguintes variáveis fisiológicas: frequência respiratória, em respirações/minuto, temperatura frontal, em °C, temperatura do úbere, em °C, e as variáveis comportamentais que foram: a presença ou ausência de ruminação (frequência de ruminação) e a ingestão de água, por frequência ao bebedouro nos 6 dias consecutivos em cada tratamento. Já a produção de leite diária foi determinada na sala de ordenha durante 5 dias consecutivos em cada tratamento.

A frequência respiratória foi quantificada observando os movimentos torácico-abdominal dos animais durante 15 segundos e multiplicado por 4. As temperaturas frontal e de úbere foram medidas sucessivamente por termômetro digital infravermelho (CASON CA380) no meio da frente (Martello *et al.*, 2021) e da região lateral do úbere do animal (Zotti *et al.*, 2017), sucessivamente. A ausência e a presença de ruminação, assim como, frequência ao bebedouro foram determinados por observação do comportamento do animal durante a presença dos mesmos no curral de espera. Já a produção de leite diária por animal foi mensurada

nos períodos da manhã e tarde por medidor eletrônico digital (DELAVAL MM27BC2) na sala de ordenha.

Durante o período experimental foram instalados no curral de espera, um psicrômetro para medir a temperatura e umidade do ar e um termômetro digital máxima e mínima do tipo capela (INCOTERM 30A60 CELSIUS), para medir as temperaturas de máxima e mínima do ambiente. Foi utilizado também um anemômetro digital portátil (INSTRUTHEM AD-250) para mensurar a velocidade do vento próximo ao animal. Posteriormente, foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura equivalente (ITE) conforme, respectivamente, Berman *et al.* (2016) e Baêta *et al.* (1987).

Os dados coletados foram avaliados, utilizando o teste *t Student*, exceto algumas variáveis como: temperatura de fronte, frequência de ruminação, frequência de bebedouro e a umidade relativa pela manhã. Nessas variáveis foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon. No entanto em ambos os testes, foi utilizado o nível de significância de 5%, sendo ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

Pela manhã a temperatura do ar, ITU, temperaturas máxima e mínima foram menores com resfriamento em relação a ausência do mesmo (Tabela 1). No entanto, a umidade relativa foi maior com resfriamento. Já o ITE e a velocidade do vento não diferiram entre os tratamentos.

No turno da manhã, as vacas reduziram a frequência respiratória, as temperaturas de frente e de úbere com resfriamento em relação a ausência do mesmo (Tabela 1). A frequência de ruminação foi maior com o resfriamento em relação a ausência do mesmo. Já a produção de leite e a frequência ao bebedouro não diferiram entre os tratamentos.

Tabela 1: Médias e desvios padrão dos dados do ambiente térmico, fisiológicos e comportamentais das vacas Girolando, em lactação, no curral de espera sem e com resfriamento pela manhã, em Uberlândia-MG em janeiro - fevereiro de 2025.

| Variável | Resfriamento | | p valor |
|--|---------------|---------------|---------|
| | Sem | Com | |
| Temperatura do ar (°C) | 22,99 ± 1,32 | 21,73 ± 0,80 | 0,013 |
| Umidade relativa (%) | 86,52 ± 4,58 | 98,95 ± 13,75 | 0,031 |
| Índice de Temperatura e Umidade (ITU) | 70,71 ± 3,18 | 68,32 ± 1,91 | 0,043 |
| Índice de Temperatura Equivalente (ITE) (°C) | 26,77 ± 2,22 | 25,94 ± 1,93 | 0,401 |
| Temperatura máxima (°C) | 24,85 ± 0,89 | 22,18 ± 0,34 | 0,001 |
| Temperatura mínima (°C) | 22,37 ± 0,80 | 21,03 ± 0,38 | 0,002 |
| Velocidade do vento (Km/h) | 0 | 0 | 1,000 |
| Frequência respiratória (r.p.m) | 74,36 ± 10.70 | 53,44 ± 7.06 | 0,0000 |
| Temperatura de frente (°C) | 30,08 ± 0.95 | 29,39 ± 0.64 | 0,0161* |
| Temperatura de úbere (°C) | 34,27 ± 0.55 | 32,76 ± 0.76 | 0,0000 |
| Produção de leite (kg/período) | 16,98 ± 2.55 | 17,12 ± 3.09 | 0,8001 |
| Frequência de ruminações (nº/turno) | 1,58 ± 1.38 | 5,00 ± 1.28 | 0,0038 |
| Frequência ao bebedouro(nº/turno) | 0,67 ± 1.07 | 0,08 ± 0.29 | 0,0975* |

Teste *t Student* pareado; * teste de Wilcoxon ($p < 0,05$)

Pela tarde, com resfriamento, a temperatura do ar, ITU, ITE, temperaturas máxima e mínima reduziram em relação a ausência do mesmo (Tabela 2), no entanto, a umidade relativa foi maior com o resfriamento. Já a velocidade do vento não diferiu entre os tratamentos.

No turno da tarde, as vacas reduziram a frequência respiratória, temperaturas de fronte e de úbere e frequência ao bebedouro com o resfriamento em relação a ausência do mesmo (Tabela 2) e a frequência de ruminação foi maior com o resfriamento. Já a produção de leite não diferiu entre os tratamentos.

Tabela 2: Médias e desvios padrão dos dados do ambiente térmico, fisiológicos e comportamentais das vacas mestiças europeia-zebu, em lactação, no curral de espera sem e com resfriamento, pela tarde, em Uberlândia-MG em janeiro - fevereiro de 2025.

| Variável | Resfriamento | | p valor |
|--|--------------|--------------|-----------|
| | Sem | Com | |
| Temperatura do ar (°C) | 29,98 ± 1,88 | 26,04 ± 1,48 | 0,005 |
| Umidade relativa (%) | 62,51 ± 8,19 | 78,30 ± 9,15 | 0,032 |
| Índice de Temperatura e Umidade (ITU) | 83,10 ± 2,79 | 77,06 ± 2,92 | 0,003 |
| Índice de Temperatura Equivalente (ITE) (°C) | 33,78 ± 1,69 | 30,75 ± 2,01 | 0,005 |
| Temperatura máxima (°C) | 30,23 ± 1,68 | 27,27 ± 0,91 | 0,016 |
| Temperatura mínima (°C) | 27,93 ± 0,94 | 24,82 ± 2,01 | 0,022 |
| Velocidade do vento (Km/h) | 0 | 0 | 1,000 |
| Frequência respiratória (r.p.m) | 91,97 ± 5,69 | 59,06 ± 6,77 | 0,000 |
| Temperatura de fronte (°C) | 34,06 ± 0,57 | 31,54 ± 0,66 | 0,000 |
| Temperatura de úbere (°C) | 36,64 ± 0,56 | 34,24 ± 0,52 | 0,0000002 |
| Produção de leite (kg/período) | 11,61 ± 1,99 | 11,81 ± 2,31 | 0,6538790 |
| Frequência de ruminações (nº/turno) | 1,25 ± 0,75 | 4,00 ± 1,59 | 0,0051438 |
| Frequência ao bebedouro(nº/turno) | 1,17 ± 1,11 | 0,17 ± 0,39 | 0,0206003 |

Teste *t Student* pareado; * teste de Wilcoxon ($p < 0,05$)

6 DISCUSSÃO

Pela manhã, verificou-se que o ambiente do curral de espera no tratamento com resfriamento reduziu a temperatura máxima em 1,15°C e a mínima em 1,34°C. Já a tarde essa diminuição foi ainda maior, sendo 2,96°C e 3,11°C, respectivamente. Os valores de temperaturas máximas e mínimas encontrados no presente estudo são considerados ótimo (7 a 26°C) e regular (27 a 34°C) para vacas em lactação, como indicado por Araujo *et al.* (2014).

No entanto, a umidade relativa se apresentou elevada apresentando valores de 98,95% pela manhã e 78,30% pela tarde, sendo que o indicado para vacas leiteiras se encontra dentro da faixa de 50 a 70% (Machado e Silva, 2018). Possivelmente, deve-se aos fatos: de a ventilação não ter sido efetiva no local, apresentando velocidade zero ao nível do animal durante o resfriamento e as coletas terem sido realizadas durante o verão, onde a umidade do ar apresenta altos valores de porcentagem, devido o maior índice de pluviosidade incidente na estação.

Os valores de ITU pela manhã e tarde e ITE à tarde também apresentaram redução com o uso do resfriamento. Houve uma redução do ITU pela manhã de 2,93 e a tarde de 6,04 e o ITE de 3,03°C a tarde. Os índices de estresse térmico pela manhã, se apresentaram dentro do indicado, sem estresse para vacas leiteiras, de maior composição genética holandesa como: $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$, sendo os valores < 77 para o ITU, conforme Negri *et al.* (2023) e valores ≥ 18 a 27°C para o ITE, segundo Baêta *et al.* (1987).

Já a tarde os valores de ITU e ITE, se apresentaram dentro do indicado para início de estresse, visto os valores serem maiores que as exigências determinadas para o rebanho analisado. Isso provavelmente, se deve ao fato do sistema não ser totalmente eficiente no resfriamento do ambiente no período da tarde, em condições de maior temperatura externa e umidade pela aspersão, necessitando aumentar a velocidade de ventilação, para que promova maior circulação do ar no ambiente, permitindo melhor evaporação da água na superfície corporal, para que auxilie na dissipação de calor por convecção.

Já os valores das temperaturas de frente e úbere, assim como os de frequência respiratória reduziram com o resfriamento em comparação ao sem resfriamento, nos dois turnos analisados, estando dentro dos padrões para temperatura de frente que é $< 34,7^\circ\text{C}$ (Martello *et al.*, 2004) e temperatura de úbere $< 35,8^\circ\text{C}$ (Zotti *et al.*, 2017). As frequências respiratórias também, apresentaram valores entre 40-60 r.p.m (Nobrega *et al.*, 2011), indicando sem estresse para vacas leiteiras (Silanikove, 2000).

As variáveis comportamentais também se diferiram nos dois turnos, apresentando menor frequência ao bebedouro com o resfriamento (Perissinotto *et al.*, 2005), possivelmente por causa de menor necessidade de dissipação de calor para o ambiente, pelo processo de evaporação. Assim como, maior frequência de ruminação, indicando que os animais aumentaram a ingestão de MS (Collier *et al.*, 2012) e se apresentavam em melhor conforto térmico, segundo Bacarri Jr, (2001).

Porém, a produção de leite dessas vacas em lactação com e sem resfriamento, não se diferiu, o que pode ser explicado por alguns fatores: o fato de ser uma resposta de expressão a médio prazo, necessitando de maior tempo para haver resposta; o fator de que o sistema de resfriamento não foi suficiente para alcançar um ambiente térmico ideal a tarde e/ou talvez o fato de a adaptação entre um tratamento e outro não ter sido o suficiente, visto que foram dois dias, podendo ter havido interferência entre os tratamentos nas respostas mensuradas.

7 CONCLUSÃO

O sistema de resfriamento avaliado no presente estudo, foi eficiente em proporcionar condições de conforto térmico as vacas em lactação, em análise as respostas das variáveis termofisiológicas e comportamentais. No entanto, em relação as variáveis de microclima de umidade do ar, em ambos os turnos e de índices de estresse térmicos ITU e ITE, pela tarde, o resfriamento não mostrou efetividade em proporcionar uma ambiência adequada a categoria de animal estudada, o que pode ser explicado pela ineficiência do sistema de ventilação do curral de espera, ao nível dos animais. Portanto, para que o sistema consiga melhorar as condições de microclima no curral de espera, é necessário a implementação de ajustes no setor de ventilação como: aumento no número de equipamentos; mudança no posicionamento e/ou troca dos modelos dos ventiladores, para que a circulação do ar tenha maior efetividade na troca de temperatura e controle de umidade no ambiente analisado.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, J. I. M. *et al.* **Efeitos das Variáveis Climáticas Sobre Características Fisiológicas de Vacas Mestiças (HOLANDÊS X GIR) em Lactação.** Revista Acadêmica Ciência Animal, Bom Jesus-Pi, v. 12, n. 8, p. 1-9, 18 ago. 2014.
- BACCARI JR., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes.** Editora UEL. Londrina, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F.C. *et al.* Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows. **MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS**, Baltimore. **Proceedings [...]** Baltimore: American Society of Agricultural Engineers, 1987. p.21.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações: conforto animal.** 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.
- 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
- CARVALHO, G. R. 10 reflexões sobre competitividade e desafios do leite brasileiro. **Embrapa Gado de Leite: Anuário Leite 2024.** Juiz de Fora- MG: Embrapa Gado de Leite, 2024. p 16-19.
- CHIQUITELLI NETO, M. **Zona de termoneutralidade.** UNESP - Ilha Solteira, 2012. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/voce-sabe-o-que-sao-zona-de-conforto-termico-e-indice-de-temperatura-e-umidade-81697/> Acesso em 12 maio 2025.
- COLLIER, R.J. *et al.* **Quantificação estresse térmico e seu impacto em metabolismo e desempenho.** Anais...23ºAnual Flórida Ruminante Nutrição. Simpósio Gainesville. Universidade de Flórida, Gainesville, 2012, pág.74 – 84.
- DA SILVA, R. G.; MAIA, A.S.C. Animal vs. Environment. **Principles of Animal Biometeorology.** Heidelberg: Springer, 2013, p.75-106.
- EMBRAPA GADO DE LEITE.** Anuário Leite 2024. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2024.
- FAO CILEITE-EMBRAPA.** Leite em números de produção de leite no mundo. Produção de leite de vaca no mundo – volume total de 2000 a 2022 bilhões de litros. Disponível em: https://www.cileite.com.br/leite_numeros_leite_mundo. Acesso em: 23 jul. 2024.
- GOMES, A. F. *et al.* **Conforto térmico com uso de climatização por aspersores para vacas girolando na pré-ordenha.** Nucleus Animalium, v. 13, n. 1. 2021. p. 67-73.

HOTT, M.C., ANDRADE, R.G. e MAGALHÃES JR, W. C. P. Distribuição da produção de leite no Brasil. **Embrapa Gado de Leite**. Anuário Leite 2024. 1.ed. Juiz de Fora- MG: Embrapa Gado de Leite, 2024.

JOHNSON, H. D.; RAGSD. **Effect of various temperature-humidity conditions on milk production of Holstein cattle**. Missouri: University of Missouri Res. (Bull., n. 791, p.39), 1962.

MACHADO, M.; DA SILVA, I. J. O. **Trocas térmicas em bovinos leiteiros - Parte II**. Milk Point, 2018. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/trocas-termicas-em-bovinos-leiteiros-parte-ii-209311>. Acesso em: 25 jul. 2024.

MARTELLO, L.S. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.181-191, 2004.

MARTINS, F. **O efeito do stress térmico nas vacas leiteiras**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://aprolep.files.wordpress.com/2010/10/stress-tc3a9rmico-filipe-martins.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Mapa do leite: Políticas públicas e privadas para o leite. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/portal-do-leite/mapa-do-leite/> Acesso em 23 jul. 2024.

NEGRI, R. *et al.* Genomic-enhanced breeding values for heat stress tolerance in Girolando cattle in Brazil. **Livestock Science**, Amsterdam, v.278, p. 105360, 2023. DOI:10.1016/j.livsci.2023.105360.

NEIVA, R.; PEREIRA, C. R. Avaliação genética multirracial ampliará potencial de ganhos da pecuária de leite. **Embrapa Gado de Leite**. Anuário Leite 2024. 1.ed. Juiz de Fora- MG: Embrapa Gado de Leite, 2024. p 28-31.

NOBREGA GH, SILVA EMN, SOUZA BB, MANGUEIRA JMA. Produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA)**, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2011. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v6i1.592>

PEIXOTO, A. M.; DE MOURA, J. C.; DE FARIA V. P.; **Bovinocultura leiteira: fundamentos da exploração racional**. 2. ed. Piracicaba, SP. Ed. FEALQ, 1993.

PERISSINOTTO, M. *et al.* Influência do ambiente na ingestão de água por vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 289-294, 2005.

PIRES, M. F. A. *et al.* Taxa de gestação de fêmeas da raça holandesa confinadas em free stall, no inverno e verão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 1, p. 57-63, 2002

RUBENS, N. Cadeia produtiva do leite vê cenário desafiador em 2024. **Embrapa Gado de Leite**. Anuário Leite 2024. 1.ed. Juiz de Fora- MG: Embrapa Gado de Leite, 2024. Disponível

em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/86780410/cadeia-produtiva-do-leite-ve-cenario-desafiador-em-2024/> Acesso em 23 jul. 2024.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TITTO, *et al.* 1998. Clima: influência na produção de leite. Ambiência na produção de leite em clima quente. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais[...]**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 10-23.

ZOTTI C.A., ZOTTI M.L.N., PETROLI T.G., BASSO A.C. Climatização da sala de espera para vacas criadas a pasto sem sombreamento. **Archivos de zootecnia**. Córdoba, v. 66, n. 254, p. 167-171, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i254.2318>.