

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA– PPGZOO**

GEAN HENRIQUE CARLESSO DA SILVA

**ASPERSAÇÃO COM ÓLEOS DE EUCALIPTO E
MENTA: CONFORTO TÉRMICO, PRODUÇÃO, COMPORTAMENTO E EFEITOS
NA PROGÊNIE DE VACAS LEITEIRAS**

**CHAPECÓ
2024**

GEAN HENRIQUE CARLESSO DA SILVA

**ASPERSAÇÃO COM ÓLEOS DE EUCALIPTO E
MENTA: CONFORTO TÉRMICO, PRODUÇÃO, COMPORTAMENTO E EFEITOS
NA PROGÊNIE DE VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.
Orientador: Prof. Dra. Maria Luísa A. Nunes Zotti.

CHAPECÓ

2024

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Silva, Gean Henrique Carlesso da
Aspersão com Óleos de Eucalipto e Menta: conforto
térmico, produção, comportamento e efeitos na progênie de
vacas leiteiras / Gean Henrique Carlesso da Silva. -- 2024.
71 p.

Orientadora: Maria Luísa Appendino Nunes Zotti
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2024.

1. Água. 2. Bovinocultura de leite. 3. Estresse térmico. 4.
Óleo de eucalipto. 5. Óleo de menta. I. Zotti, Maria Luísa
Appendino Nunes. II. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

GEAN HENRIQUE CARLESSO DA SILVA

**ASPERSAO COM ÓLEOS DE EUCALIPTO E
MENTA: CONFORTO TÉRMICO, PRODUÇÃO, COMPORTAMENTO E EFEITOS
NA PROGÊNIE DE VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de mestre
em Zootecnia pelo Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, da Universidade
do Estado de Santa Catarina – UDESC.
Orientador: Prof. Dra. Maria Luísa A.
Nunes Zotti.

BANCA EXAMINADORA

Membros:

Maria Luísa A. Nunes Zotti, Doutora
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Sheila Tavares Nascimento, Doutora
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Taciana Aparecida Diesel, Doutora
Instituto Federal do Maranhão - IFMA

Chapéco, 09 de agosto de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, amigos e colegas que contribuíram e me incentivaram nos momentos que precisei.

Ao meu amigo Lucas Camargo, qual puxou a frente e me incentivou nessa trajetória.

A minha orientadora, Prof. Dra. Maria Luísa A. Nunes Zotti, pela paciência, compreensão e colaboração na minha vida profissional e acadêmica.

Aos professores Dr. Aleksandro Schafer da Silva e Dra. Ana Luiza Bachman Schogor que estiveram apoiando ao longo dessa pesquisa. Agradeço aos demais professores da UDESC, pela excelência no exercício dos seus papéis na universidade.

A todo o pessoal do GABA, GANA, e todos que contribuíram de alguma forma, vocês foram essenciais.

Por fim, agradeço à FAPESC e a Biochem ®.

RESUMO

Estratégias para amenizar os efeitos do estresse por calor em vacas leiteiras devem ser adotadas. Recentemente, a literatura tem evidenciado benefícios da utilização de óleos essenciais (OE) em vacas leiteiras. No entanto, não há evidências de trabalhos que utilizaram óleo essencial à base de menta e eucalipto na água de aspersão de vacas leiteiras durante o período de transição. Devido a ação esperada sobre os mecanismos termorreguladores dos animais, o presente trabalho buscou avaliar se a aspersão em sala de resfriamento com água contendo óleo essencial melhora o conforto térmico, o comportamento e o desempenho de vacas Jersey no período de transição. Para isso, 14 vacas Jersey foram divididas em dois grupos, tratamento (aspersão com inclusão dos OE na água) e controle (aspersão somente com água). As variáveis frequência respiratória (FR; mov.min⁻¹), temperatura retal (TR, °C) e temperatura superficial (TS, °C) foram mensuradas em 10 períodos de 3 dias consecutivos cada, semanalmente, em três coletas diárias (antes da aspersão - Tantes, 15 minutos após a aspersão - T15 e 60 minutos após a aspersão - T60). Medidas relacionadas ao comportamento e de colostro das vacas também foram avaliadas. Os bezerros nascidos das vacas utilizadas no experimento foram avaliados em termos de desempenho, parâmetros sanguíneos e bioquímicos. A FR foi menor no grupo com óleo essencial, com efeito de interação entre momento de coleta e tratamento ($P=0,0004$). As medidas de temperatura superficial (TS), apresentaram diferença de tratamento e momento de coleta, com menores valores obtidos no grupo com óleo essencial. Nos bezerros, verificamos efeito significativo ($P=0,0008$) para a albumina, com maior valor no grupo com óleo essencial. No perfil de células brancas, verificamos significância para a contagem de monócitos, com maiores valores para o grupo controle ($P=0,0165$). As medidas de hemácias e volume corpuscular médio (VCM) apresentaram significância, sendo que, a contagem de hemácias ($P=0,0048$) foi maior para o grupo com óleo essencial. O comportamento dos animais, bem como os parâmetros avaliados no colostro não foi afetado. O grupo com OE apresentou maior produção de leite e eficiência alimentar ($P<0,05$), mostrando-se assim uma opção para amenizar os efeitos do estresse por calor em vacas Jersey.

Palavras-chave: Água; Bovinocultura de leite; Estresse térmico; Óleo de eucalipto; Óleo de menta.

ABSTRACT

Strategies to mitigate the effects of heat stress in dairy cows should be adopted. Recently, the literature has shown benefits of using essential oils (EO) in dairy cows. However, there is no evidence of studies that used essential oil based on mint and eucalyptus in the sprinkling water of dairy cows during the transition period. Due to the expected action on the thermoregulatory mechanisms of the animals, this study aimed to evaluate whether sprinkling in a cooling room with water containing essential oil improves thermal comfort, behavior and performance of Jersey cows during the transition period. For this, 14 Jersey cows were divided into two groups, treatment (sprinkling with inclusion of EO in water) and control (sprinkling only with water). The variables respiratory rate (RR; mov.min-1), rectal temperature (RT, °C) and surface temperature (ST, °C) were measured in 10 periods of 3 consecutive days each, weekly, in three daily collections (before sprinkling - Tantes, 15 minutes after sprinkling - T15 and 60 minutes after sprinkling - T60). Measures related to the behavior and colostrum of cows were also evaluated. Calves born from the cows used in the experiment were evaluated in terms of performance, blood and biochemical parameters. The RF was lower in the group with essential oil, with interaction effect between moment of collection and treatment ($P=0.0004$). The measurements of surface temperature (ST) showed difference in treatment and collection time, with lower values obtained in the group with essential oil. In calves, we verified a significant effect ($P=0.0008$) for albumin, with higher value in the group with essential oil. In the white cell profile, we verified significance for monocyte count, with higher values for the control group ($P=0.0165$). The measures of red blood cells and mean corpuscular volume (MCV) were significant, and the number of red blood cells ($P=0.0048$) was higher for the group with essential oil. The behavior of the animals, as well as the parameters evaluated in colostrum were not affected. The group with EO showed higher milk production and feed efficiency ($P<0.05$), thus showing an option to mitigate the effects of heat stress in Jersey cows.

Keywords: Water; Dairy cattle; Thermal stress; Eucalyptus oil; Mint oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores diários médios, mínimos e máximos de Índice de temperatura e umidade (ITU) na sala de alimentação (A) e aspersão (B) ao longo do período experimental.	42
Figura 2 - Frequência respiratória (FR) (Figura A), temperatura superficial (°C) da garupa (Figura B), flanco (Figura C) e pata (Figura D) das vacas do grupo controle e tratamento, nos três momentos de coleta, antes da aspersão (T-Antes) e 15 (T-15) ou 60 (T-60) minutos após a aspersão.....	44
Figura 3 - Produção diária de leite (Kg), consumo diário de alimentos (kg MS) e eficiência alimentar (kg/kg) de vacas submetidas aos grupos controle e tratamento nos dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 do experimento.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Etograma de trabalho utilizado para avaliação do comportamento das vacas	39
Tabela 2 - Médias ajustadas para as variáveis frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura superficial da garupa (TSGAR), flanco (TSFLA), costela (TSCOS), orelha (TSORE) e pata (TSPAT) considerando o efeito de tratamento (controle e tratamento), momento da coleta e interação	43
Tabela 3 - Razão de chance (odds ratio) de ocorrência de determinado comportamento em função dos tratamentos e suas respectivas frequências absolutas e relativas.....	45
Tabela 4 - Médias ajustadas no número de dias de gestação, quantidade e qualidade do colostro de vacas submetidas aos grupos controle e tratamento.	46
Tabela 5 - Médias ajustadas para as variáveis relacionadas a transferência de imunidade passiva (TIP) e ao peso de bezerros nascidos de vacas submetidas ao grupo controle e tratamento.....	48
Tabela 6 - Médias ajustadas para as variáveis relacionadas as análises bioquímicas do sangue de bezerros nascidos de vacas submetidas aos grupos tratamento e controle.....	48
Tabela 7 - Médias ajustadas para as variáveis relacionadas ao perfil de células brancas, vermelhas e plaquetas de bezerros nascidos de vacas submetidas aos grupos controle e tratamento.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL	Albumina
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CHCM	Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média
DP	Desvio Padrão
FECEO	Fazenda Experimental do Centro de Educação Superior do Oeste
fL	Fentolitros
FR	Frequência Respiratória
g/dL	Gramas por decilitro
°C	Graus Celsius
HCM	Hemoglobina Corpuscular Média
IgG	Imunoglobulina G
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Litros
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
m ²	Metros quadrados
mg/dL	Miligramas por decilitro
mL	Mililitros
mm	Milímetros
OE	Óleos Essenciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
pg	Picogramas
pH	Potencial de Hidrogênio
PIB	Produto Interno Bruto
PT	Proteína Total
TR	Temperatura Retal
TS	Temperatura Superficial
TSCOS	Temperatura Superficial de Costela
TSFLA	Temperatura Superficial de Flanco
TSGAR	Temperatura Superficial de Garupa
TSORE	Temperatura Superficial de Orelha
TSPAT	Temperatura Superficial de Pata
TIP	Transferência de Imunidade Passiva
UR	Umidade Relativa
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
VPA	Valor da Produção Agropecuária
VCM	Volume Corpuscular Médio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	A CADEIA PRODUTIVA DE LEITE NO BRASIL.....	17
2.2	BOVINOCULTURA DE LEITE EM SANTA CATARINA	18
2.3	CONFORTO TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS	19
2.4	CONFORTO TÉRMICO DE VACAS SECAS	23
2.5	DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS	24
2.6	USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA PECUÁRIA LEITEIRA.....	25
2.7	ÓLEOS ESSENCIAIS PARA MITIGAR O ESTRESSE TÉRMICO.....	26
2.7.1	ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO E MENTA	28
3	ARTIGO: PRODUÇÃO, COMPORTAMENTO E CONFORTO TÉRMICO DE VACAS EM SALA DE RESFRIAMENTO COM ASPERSÃO CONTENDO OU NÃO ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTO E MENTA E SEUS EFEITOS SOBRE A PROGÊNIE.....	30
3.1	RESUMO.....	30
3.2	INTRODUÇÃO	31
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.3.1	Local do estudo, instalações, animais e design experimental.....	33
3.3.2	Ambiente térmico das instalações.....	34
3.3.3	Manejo alimentar das vacas e bezerros	35
3.3.4	Sistema de resfriamento em sala de aspersão	35
3.3.5	Avaliação das variáveis termorregulatórias	36
3.3.6	Gestação, quantidade e qualidade do colostro e leite	37
3.3.7	Desempenho dos bezerros nascidos, avaliação no sangue e soro...	38
3.3.8	Comportamento animal	38
3.3.9	Analise dos dados.....	39
3.4	RESULTADOS	41
3.4.1	Ambiente térmico das instalações.....	41
3.4.2	Conforto térmico	42
3.4.3	Comportamento animal	45
3.4.4	Gestação, quantidade e qualidade do colostro e leite	46
3.4.5	Desempenho dos bezerros nascidos, avaliação no sangue e soro...	48

3.5	DISCUSSÃO	49
3.5.1	Conforto térmico e comportamento	49
3.5.2	Gestação, desempenho das vacas e bezerros nascidos	51
3.6	CONCLUSÃO.....	56
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA	72

1 INTRODUÇÃO

O contínuo crescimento da população global exige um incremento na produção de alimentos e, neste contexto, estima-se que o setor agropecuário terá que aumentar sua produção entre 70 e 110% até o ano de 2050 (Heinke *et al.*, 2020). Com isso, oportunidades para crescimento em produção e renda surgirão, porém, os desafios para produzir alimentos nutritivos e saudáveis de forma sustentável também irão aumentar (FAO; GPD, 2018). O leite, além da finalidade de fornecer os nutrientes essenciais, possui funções importantes no campo imunológico, fatores de crescimento, funções enzimáticas, hormonais, anti-inflamatórias e antimicrobianas (Thompson; Boland; Singh, 2009). O setor em geral possui grande importância econômica e social, devido à criação de gado leiteiro estar presente em cerca de 150 milhões de famílias e envolver aproximadamente 750 milhões de pessoas em todo o mundo (OECD; FAO, 2022).

Nas últimas décadas, em decorrência das alterações climáticas, algumas mudanças nos padrões de temperatura global vêm causando uma preocupação em nível mundial (Manica *et al.*, 2022), diversos países relataram perdas significativas na produção de leite devido às mudanças nos padrões das chuvas (Carra *et al.*, 2022). Além disso, de acordo com o IPCC, a temperatura média global deve exceder 1,5°C até 2030, em relação aos níveis pré-industriais (IPCC, 2023). Sendo assim, o setor agropecuário em geral, terá que se adaptar e lidar com esses desafios em decorrência das mudanças climáticas e, em certas regiões, até a escassez de água (Heinke *et al.*, 2020).

Com o aumento da temperatura média global e com os animais cada vez mais produtivos, o estresse por calor vem sendo cada vez mais debatido na pecuária leiteira. Resultado de uma combinação de diversas variáveis meteorológicas, incluindo alta temperatura ambiente, umidade, radiação solar e velocidade do vento, o estresse por calor traz consigo impactos negativos no bem-estar e na produtividade animal (Thornton *et al.*, 2022).

Conforme a espécie e raça, alguns animais podem sofrer estresse térmico em temperaturas acima de 20°C (Herbut *et al.*, 2019). As vacas acumulam calor do seu metabolismo corporal (Bernabucci *et al.*, 2014), além do que é imposto

pelo ambiente, acúmulo este que é dependente de fatores como temperatura do ar, umidade, fluxo de ar e radiação solar (Buffington *et al.*, 1981). Em vários locais, o estresse por calor pode ser um problema na maior parte do ano (Martello *et al.*, 2010). Nestas situações, as vacas leiteiras reduzem o consumo (Wheelock *et al.*, 2010), têm a produção e a qualidade do leite afetadas (Rhoads *et al.*, 2009; West, 2003), alterações na saúde (Basiricò *et al.*, 2009), no comportamento animal (Schütz *et al.*, 2010) e, até mesmo, encurtamento de sua vida produtiva (Laporta *et al.*, 2020).

Em função dos prejuízos ocasionados pelo estresse por calor na pecuária de leite, passa ser uma prioridade utilizar de alternativas para reduzir estes problemas (Guo *et al.*, 2023). A maior parte dos produtores de leite realiza investimentos substanciais em infraestrutura para amenizar o estresse térmico dos animais, na busca de melhorar o bem-estar e conseguir manter sua produtividade (Thornton *et al.*, 2022). Dentre as principais estratégias para mitigação do estresse por calor, Roth (2022) relata que a ventilação forçada e a aspersão de água sob os animais são as mais comumente utilizadas.

Um dos pontos diretamente relacionados a diminuição do estresse por calor a partir da utilização de sistemas que associam ventilação e aspersão de água é o tipo de sistema utilizado, ele envolve vários fatores que impactam diretamente na redução do calor dos animais (Chen; Schütz; Tucker, 2016a). Dentre estes fatores que impactam, podemos citar a quantidade de água e a forma que é utilizada no sistema de aspersão, seja alterando a vazão (Chen; Schütz; Tucker, 2016c, 2016b), ou o tempo de aspersão (Brouk; Smith; Harner, 2003; Tresoldi; Schütz; Tucker, 2018a, 2019). Outros fatores também podem afetar a eficiência destes sistemas, como qual parâmetro utiliza para ligar o sistema de aspersão (Morrison; Prokop; Lofgreen, 1981), além do tipo e posição dos ventiladores (Das *et al.*, 2021; Worley; Bernard, 2008). Estes são apenas alguns dos fatores que podem interferir na eficiência do sistema de aspersão associado à ventilação forçada na bovinocultura de leite.

Revisão recente da literatura evidenciou os efeitos biológicos benéficos dos óleos essenciais a ruminantes, dentre os quais a melhoria dos efeitos decorrentes do estresse por calor nos animais (Wells, 2024). Esta revisão abrangeu apenas o uso nutricional de óleos essenciais para ruminantes e, no

caso dos benefícios relacionados ao estresse por calor, foram citados o cinamaldeído, o eugenol, a hortelã-pimenta, o coentro, o cominho e o capim-limão, com destaque aos impactos positivos da capsaicina. Os óleos essenciais podem ser extraídos de várias partes de plantas, como flores, folhas, caules, raízes e sementes (Trevizani *et al.*, 2019), sendo substâncias concentradas e voláteis que possuem diversos princípios ativos e inúmeras propriedades cicatrizantes, anti-inflamatórias e imunomoduladoras (Durmic; Blache, 2012).

O óleo de menta quando misturado a outros óleos foi identificado como um benéfico antiparasitário em estudo realizado *in vitro* contra nematoides de ovinos (Molefe *et al.*, 2012), no aumento da produção de leite (Braun *et al.*, 2019), inclusive em situações em que as vacas são expostas a estresse por calor (Reza-Yazdi *et al.*, 2014). O óleo de eucalipto também se mostrou benéfico quando fornecido via água de bebida a frangos de corte, sendo possível substituir a flavomicina em termos de desempenho e saúde das aves (Dal Santo *et al.*, 2021). Em estudo *in vitro*, o óleo de eucalipto mostrou-se eficaz em reduzir linearmente a emissão de metano de ovinos (Wang *et al.*, 2018). No entanto, não há estudos que descrevem o uso de óleos essenciais, em especial os óleos de menta e eucalipto, na água de aspersão de vacas em lactação e no período seco.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CADEIA PRODUTIVA DE LEITE NO BRASIL

Com grande destaque econômico e social para o Brasil, a cadeia produtiva de leite e seus derivados é um dos setores de maior importância nacional. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022, o Brasil ultrapassou os 34 bilhões de litros por ano. Além disso, a atividade está presente em cerca de 98% dos municípios brasileiros, predominando pequenas e médias propriedades produtoras (IBGE, 2023). Esse grande número de famílias na cadeia leiteira distribuídas pelo Brasil possuem uma enorme diversidade entre elas, várias ocupam áreas que não seriam adequadas para atividades agrícolas, devido a suas características geográficas, as tornando rentáveis (Bánkuti; Caldas, 2018).

Embora a história relate que a origem da pecuária leiteira no Brasil tenha surgido em meados do século XVII, a atividade leiteira foi ter relevância a partir da década de 1870, com a decadência do café e o cenário político favorável, incentivando o maior desenvolvimento da pecuária (Vilela *et al.*, 2017). Entretanto, o grande salto na produção de leite no Brasil deu-se nos últimos 50 anos. Entre 1961 e 1973, o crescimento na produção foi de 50%, ano em que se registrou 7,8 milhões de toneladas (Vilela *et al.*, 2017). Quando considerada a série histórica de 54 anos, de 1961 a 2015, o acréscimo em produção foi de 30 milhões de toneladas com um ganho médio anual de 555 mil toneladas. Já na última década o maior crescimento se deu no ano de 2013 em relação a 2012, quando o país passou de 32,3 para 34,2 milhões de toneladas (Vilela *et al.*, 2017).

Avaliação realizada por (Alves *et al.*, 2012), com dados do período entre 1996 e 2006, mostrou que a adoção de tecnologias era responsável por 68% do incremento na produção nacional de leite do período, seguidos por 22% da elevação de trabalho e apenas 9,6% da expansão de áreas cultivadas. No entanto, o setor ainda apresenta uma grande diversidade nas propriedades leiteiras e, nos últimos anos, essa diversidade somada às mudanças e instabilidades no cenário do setor leiteiro no Brasil sinalizaram um processo de

saída da atividade em algumas propriedades com maiores níveis de vulnerabilidade (Tonet *et al.*, 2023). Porém, mesmo com todo esse cenário de instabilidade, a pecuária leiteira ainda se mostra como uma parte importante da tradição cultural brasileira, pois, está presente na culinária, música, arte e na história do país (Pizzio *et al.*, 2023). Ressaltando toda a magnitude do setor, a pecuária leiteira em 2023 foi o terceiro maior valor da produção de toda a pecuária brasileira, correspondendo a aproximadamente 5,3% de todo o valor bruto da produção agropecuária do Brasil (MAPA, 2023).

2.2 BOVINOCULTURA DE LEITE EM SANTA CATARINA

A bovinocultura leiteira desempenha um papel vital na economia e no âmbito social para o estado de Santa Catarina, sendo um setor de destaque na agropecuária, responsável por aproximadamente 7% do Produto Interno Bruto (PIB) (Fernandes; Valois, 2021). Com uma longa tradição na produção de leite, Santa Catarina se destaca como um dos principais estados produtores de leite do Brasil, impulsionando não apenas a economia local, mas também contribuindo significativamente para o abastecimento nacional (Jochims; Dorigon; Portes, 2016). O setor é um dos responsáveis por viabilizar a agricultura familiar e proporcionar um aporte de renda mensal, promovendo a permanência das famílias no meio rural com qualidade de vida (Fernandes; Valois, 2021).

No entanto, a história da produção leiteira no estado é consideravelmente recente. Embora a atividade já existisse na maioria das propriedades rurais, passou a ter relevância econômica apenas a partir da década de 1990. Até então, era vista apenas como subsistência, ou seja, a criação de animais para a finalidade de leite tinha somente como seu objetivo alimentar a família. Porém, com o processo de expansão das agroindústrias de aves e suínos, houve uma concentração da produção de matéria-prima destinada para a alimentação animal, ocasionando uma exclusão de muitos produtores dessas cadeias produtivas. Além disso, a queda nos preços dos grãos contribuiu para uma crise em vários estabelecimentos rurais com base familiar. Diante desse contexto, a busca por uma nova alternativa para a manutenção da vida no campo foi necessária. Dentre elas, a atividade leiteira, que já estava presente na maioria

das propriedades, começou a ocupar um papel de destaque (Jochims; Dorigon; Portes, 2016). Em um estudo com o intuito de compreender melhor a trajetória das propriedades da região, Jochims e Silva (2019) realizaram um levantamento de informações buscando identificar as origens da produção leiteira em propriedades na região Oeste Catarinense e conseguiram identificar que uma pequena parcela já tinha a produção leiteira como principal atividade, cerca de 14%. A maior parte, 86%, migrou de outras atividades para a produção de leite a partir da década de 1990. Ao desdobrar as propriedades onde houve a migração, relataram que 65,6% tinham como principal atividade a produção de grãos, em especial de milho e feijão, associada à criação de suínos ou aves. Além disso, outra atividade muito explorada era o cultivo de tabaco (10,9%).

Originalmente concentrada na região do Vale do Itajaí, a produção de leite do estado de Santa Catarina migrou para a região Oeste a partir de 1990, com a exclusão de inúmeras pequenas propriedades produtoras de grãos que, a partir dessa crise, viram o leite passar de uma atividade voltada à subsistência para ocupar um papel de destaque, sendo a principal fonte de renda de muitas propriedades (Jochims; Silva, 2019). Atualmente, o Oeste Catarinense, cuja produção se caracteriza por ser realizada em pequenas propriedades, concentra a maior parte da produção leiteira do estado, com mais de 75% da produção total (EPAGRI/CEPA, 2024). Em 2023, Valor da Produção Agropecuária (VPA) de Santa Catarina alcançou o recorde de R\$64,3 bilhões, o que representa um crescimento nominal de 6,6% sobre o VPA de 2022, recorde anterior. Desses valores o leite desempenhou 12,3% do VPA de 2023, destacando-se como a terceira maior participação (EPAGRI/CEPA, 2024).

2.3 CONFORTO TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS

O bem-estar de vacas leiteiras pode ser afetado em situações de estresse por calor (Becker; Collier; Stone, 2020). Nos períodos de estresse por calor, os animais buscam manter a temperatura corporal por meio do balanço de energia térmica (Fournel; Ouellet; Charbonneau, 2017), através de mecanismos termorregulatórios comportamentais e fisiológicos, equilibrando as taxas de ganho de calor e processos de perda de calor (Sparke *et al.*, 2001). Porém, em

alguns momentos, os animais não conseguem dissipar o calor produzido a ponto de manter o equilíbrio térmico (Bernabucci *et al.*, 2014), seja por fatores ambientais ou do próprio animal (Sparke *et al.*, 2001).

Animais mais produtivos têm aumento da taxa metabólica, devido principalmente a maior ingestão de alimentos, o que os tornam mais propensos ao acúmulo de calor (Purwanto *et al.*, 1990), impondo maior necessidade de estratégias de resfriamento (Polsky; von Keyserlingk, 2017). Em locais com clima subtropical, os efeitos negativos do estresse por calor podem afetar as vacas leiteiras também nos meses de primavera, não apenas nos meses de verão (Becker; Collier; Stone, 2020).

Com os relatórios do IPCC indicando o aumento das temperaturas ambientais nos próximos anos (IPCC, 2023), as variações no clima devido ao aquecimento global podem contribuir para o aumento de ondas de calor (Becker; Collier; Stone, 2020). Esses episódios podem afetar severamente a produção dos animais, sendo necessários cerca de 5 dias após o episódio de calor para a recuperação do animal (Ominski *et al.*, 2002).

As vacas leiteiras conseguem expressar seu potencial genético máximo dentro de uma zona termoneutra (Tao *et al.*, 2018), que é caracterizada por ser uma faixa de temperatura do ar em que o animal não gasta energia para manter sua temperatura corporal em níveis normais (Becker; Collier; Stone, 2020). Em vacas leiteiras essa faixa de temperatura está entre 5 e 25°C (Kadzere *et al.*, 2002). Porém, quando a temperatura do ar excede essa faixa o animal entra em estresse por calor (Becker; Collier; Stone, 2020), com isso, a saúde, a produtividade e o comportamento são alterados (Hansen, 2013; Kadzere *et al.*, 2002; Tao *et al.*, 2018; West; Mullinix; Bernard, 2003). Fatores como idade, raça, produção, condição corporal, estágio de lactação, gestação, alojamento, tipo de pelagem e pigmentação da pele e pelo podem ter influência na zona termoneutra (Yousef, 1985).

Zhou *et al.* (2023) demonstraram que a umidade relativa (UR) do ar impacta diretamente nas respostas de vacas em lactação. A partir desse estudo que utilizou câmaras respirométricas com ambiente controlado, verificou-se que a temperatura retal dos animais começa a aumentar a partir de 25,3 e 25,9°C, em UR baixa (30%) ou média (45%), respectivamente, enquanto em uma condição

de UR alta (60%), a temperatura retal começa a aumentar a partir de 20,1°C, os autores relatam que essas condições foram resultado de uma maior produção de calor metabólico e menor perda de calor por evaporação.

As vacas usam mecanismos de transferência para poder dissipar o calor em busca de manter a temperatura interna constante (Becker; Collier; Stone, 2020). As estratégias de condução, convecção, radiação e evaporação são métodos de perda de calor utilizados, porém, a dissipação de calor por mecanismos sensíveis (condução, convecção e radiação) depende da diferença de temperatura entre o animal e o ambiente (West, 2003). Com isso, à medida que a temperatura do ar sobe acima de um ponto crítico, a diferença de temperatura é reduzida e a dissipação de calor é menos eficaz (West, 2003). Por outro lado, com o aumento da temperatura ambiente, ocorre um predomínio para o resfriamento evaporativo (Brody, 1956). No entanto, apesar do resfriamento evaporativo ser um meio eficaz de resfriar o gado, a perda de calor por esse mecanismo é prejudicada em regiões de clima subtropical, sendo limitada pela alta umidade relativa do ar, que impede a evaporação (Silva; Morais; Guilhermino, 2007; West, 2003). Em ocasiões que as alternativas fisiológicas para perda de temperatura corporal são insuficientes, devido à alta temperatura ambiente, modificar o ambiente em que os animais estão com nebulizadores, ventiladores ou aspersores, ou uma combinação desses métodos pode minimizar os efeitos negativos do estresse por calor (Becker; Collier; Stone, 2020).

No geral, os métodos mais comuns e práticos para reduzir os efeitos negativos do estresse por calor são o fornecimento de sombra, a ventilação forçada e o resfriamento evaporativo (Collier; Dahl; Vanbaale, 2006; Roth, 2022). Os métodos de resfriamento evaporativo podem ser classificados como diretos ou indiretos. O resfriamento evaporativo é indireto, quando tem por finalidade reduzir o impacto da temperatura do ambiente ao redor do animal, possibilitando a transferência de calor por meio de um gradiente térmico (Roth, 2022). Já o resfriamento evaporativo direto tem como princípio a extração do calor por evaporação forçada da superfície do animal (Roth, 2022). O método de molhar os animais diretamente com água e evaporar a água com o uso de ventiladores é eficiente no alívio do estresse por calor em vacas leiteiras (Flamenbaum;

Galon, 2010), resultando em menores temperaturas corporais (0,3–1,1 °C) menor frequência respiratória (7–55 respirações min⁻¹) (Hillman *et al.*, 2001; Turner *et al.*, 1992), maior ingestão de matéria seca (0,9–3,0 kg/dia) maior produção de leite (1,0–4,1 kg por vaca/dia) (Igono *et al.*, 1987; Strickland *et al.*, 1989; Turner *et al.*, 1992), e maior peso ao nascer (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006).

O sistema de resfriamento evaporativo direto tem sido evidenciado como importante para melhorar o conforto térmico dos animais, com reflexos no bem-estar e produtividade. Foram demonstrados efeitos positivos do uso de sistema de resfriamento direto em vacas no conforto térmico (Chen; Schütz; Tucker, 2016; Tresoldi; Schütz; Tucker, 2018) e, também, na produção de leite (Chen; Schütz; Tucker, 2016; Sharma; Vij; Sharma, 2013).

A eficiência do resfriamento evaporativo como estratégia de minimizar os efeitos do estresse térmico é afetada por fatores como umidade relativa do ar (pela menor capacidade do ar ambiente de absorver vapor de água), e velocidade do ar (para realizar a troca do ar carregado de umidade com o ar adjacente contendo menos umidade) (Roth, 2022). Por outro lado, quando comparado a ventilação forçada, a ventilação associada à aspersão mostra-se melhor em mitigar os efeitos do estresse por calor em bovinos leiteiros. Vacas deitadas, quando submetidas à aspersão associada à ventilação em *free stall* têm sua temperatura interna aumentada em $0.29 \pm 0.04^{\circ}\text{C h}^{-1}$, valor de aumento menor em relação à quando se deitam em ambiente apenas com ventilação forçada ($0.59 \pm 0.05^{\circ}\text{C h}^{-1}$) (Hillman *et al.*, 2001). Estes autores demonstraram que quando em ambiente quente e úmido, vacas aumentam sua temperatura interna quando assumem uma postura deitada, e a maior eficiência da aspersão associada à ventilação acaba por aumentando o tempo em que o animal permanece deitado, quando comparado ao uso apenas da ventilação.

Pinto *et al.* (2019), em condições de verão israelense, demonstraram que utilizar oito sessões de 45 minutos de resfriamento evaporativo direto por dia proporciona melhores condições de conforto térmico em vacas holandesas, quando comparado a apenas três sessões diárias. Neste trabalho, o horário das sessões era fixo e foram utilizadas sessões de 45 minutos no total, divididas em

nove ciclos de um minuto de aspersão, seguidas de 4 minutos de ventilação forçada, com a utilização de um fluxo de aspersão de 700L/hora (11, 6L/min.).

2.4 CONFORTO TÉRMICO DE VACAS SECAS

Para a vaca leiteira, o período seco é uma fase determinante em sua vida, pois, é fisiologicamente desafiador e um período crucial para o desempenho da produção subsequente. Durante esse período, estressores externos precisam ser manejados com intuito de evitar tensões adicionais aos animais (Ouellet; Laporta; Dahl, 2020).

O estresse térmico se destaca dentre os estressores que acometem vacas no período seco, e caso não seja evitado afetará diretamente a produção subsequente (4 a 7,5 kg leite por dia em vacas holandesas), de acordo com dados revisados por Dahl; Tao; Laporta (2017), além de exercer efeitos transgeracionais em sua progênie. Animais que sofreram com estresse por calor no final da gestação têm uma atenuação na involução da glândula mamária durante a primeira metade do período seco e uma proliferação celular prejudicada com a aproximação do parto (Ouellet; Laporta; Dahl, 2020).

Bezerros nascidos de mães que sofreram estresse por calor durante algum momento do período seco apresentam peso reduzido ao nascer, pois, as funções placentárias também são prejudicadas, resultando em menor suprimento de nutrientes ao bezerro (Laporta *et al.*, 2020). Tao *et al.* (2012) demonstraram maior peso ao nascer em bezerros de vacas holandesas resfriadas durante o período seco (42,5 vs. 36,5 kg) quando comparado com bezerros de vacas não resfriadas. (do Amaral *et al.*, 2009), demonstraram diferenças ainda maiores no peso de bezerros de vacas resfriadas e não resfriadas no período seco (44 vs. 31 kg), além disso, as vacas do grupo que foi exposto ao estresse por calor, tenderam ($P=0,12$) a ter um período seco mais curto do que o grupo que recebeu resfriamento. Outros trabalhos também documentaram que vacas expostas ao estresse térmico durante o final da gestação têm menor duração da gestação e bezerros menores em comparação com vacas que são resfriadas durante o final da gestação (Collier *et al.*, 1982; do Amaral *et al.*, 2011; Tao *et al.*, 2011).

2.5 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais (OE) são definidos como princípios ativos que estão presentes em plantas aromáticas, constituídos por substâncias voláteis e hidrofóbicas. Podem também ser chamados de óleos etéreos, essências ou óleos voláteis e possuem uma complexa mistura de compostos químicos de origem vegetal, volátil e aromática. Por caracterização química, são classificados como terpenos (acíclicos, monocíclicos e bicíclicos), sesquiterpenos, derivados do fenilpropano. Várias de suas propriedades são utilizadas em diversas áreas, dentre elas: antissépticas, refrescantes, rubefacientes, secreolíticas, anti-inflamatória e anestésica local (Souza; Mello; Lopes, 2011).

Existem vários métodos para extrair óleos essenciais, porém, sua extração ocorre normalmente por vapor ou hidro destilação, que foi desenvolvida pela primeira vez na Idade Média pelos árabes (Bakkali *et al.*, 2008). No entanto, vale ressaltar que o produto extraído pode variar em qualidade, quantidade e composição de acordo com o clima, composição do solo, órgão da planta, idade e estágio do ciclo vegetativo (Masotti *et al.*, 2003). Líquidos, voláteis, límpidos e raramente coloridos, lipossolúveis e solúveis em solventes orgânicos com densidade geralmente inferior à da água, são comumente extraídos de plantas aromáticas localizadas em países mediterrâneos e tropicais, de clima temperado a quente. Podem ser sintetizados por todos os órgãos da planta, são armazenados em células secretoras, cavidades, canais, células epidérmicas ou tricomas glandulares (Bakkali *et al.*, 2008).

Os óleos essenciais são usados há décadas por indústrias farmacêuticas e de cosméticos, além disso, num passado mais recente os OEs vêm sendo estudados também como aromatizantes, flavorizantes e conservantes naturais (Costa *et al.*, 2015). Nas plantas, atuam em funções extremamente importantes para a sobrevivência, a maior parte relacionadas a mecanismos de defesa contra microrganismos, insetos e animais, reduzindo o apetite pelas plantas. Do mesmo modo, conseguem atrair insetos benéficos, favorecendo a dispersão de pólenes e sementes (Bakkali *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2015). Sendo amplamente utilizados devido as suas propriedades observadas na própria natureza, ou seja, suas atividades antibacteriana, antifúngica e inseticida, os óleos essenciais têm

sido cada vez mais um objeto de estudo. Dentre a sua grande diversidade, cerca de 300 OEs são comercialmente importantes, especialmente para as indústrias farmacêutica, agropecuária, alimentícia, sanitária, cosmética e de perfumaria, no entanto, mais de 3000 já são conhecidos (Bakkali *et al.*, 2008).

2.6 USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA PECUÁRIA LEITEIRA

O setor de produtos de origem animal é um dos principais setores da agropecuária de vários países. O setor busca cada vez mais pela excelência em potencial de produção. Dentre as condições para proporcionar ótimas condições de desempenho animal destaca-se o controle de patógenos e doenças, bem como a mitigação do estresse por calor. Práticas de uso de antibióticos e ionóforos para alcançar esses resultados foram largamente utilizados durante vários anos, porém, mais recentemente, práticas modernas de produção animal somadas à preocupação dos consumidores levaram a uma tendência de banimento do uso desses produtos, com isso, os aditivos naturais, como óleos essenciais, estão ganhando atenção e espaço como possíveis alternativas aos antibióticos e ionóforos (Al-Suwaiegh *et al.*, 2020; Wells, 2024).

As espécies pecuárias podem se beneficiar do uso de óleos essenciais derivados de plantas. Diversos estudos científicos que pesquisam os efeitos desses componentes aplicados às diferentes espécies encontraram possíveis benefícios para melhoria do desempenho (Alali *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2008; Youn; Noh, 2001) e saúde (Amat *et al.*, 2019; Ananda Baskaran *et al.*, 2009; Ebani *et al.*, 2020) dos animais. Na pecuária leiteira uma gama de estudos investigou vários óleos essenciais para prevenção e tratamento de infecções microbianas e parasitárias (Chen *et al.*, 2019) na melhoria da produção de leite (Al-Suwaiegh *et al.*, 2020; Braun *et al.*, 2019), do desempenho animal (Abulaiti *et al.*, 2021; Ornaghi *et al.*, 2017) e função ruminal (da Silva *et al.*, 2019; Ornaghi *et al.*, 2017), bem como para mitigar o estresse térmico (Abulaiti *et al.*, 2021; Reza-Yazdi *et al.*, 2014; Rodríguez-Prado *et al.*, 2012).

Mesmo com a alta disponibilidade de produtos comerciais e pesquisas aplicadas envolvendo óleos essenciais na promoção da saúde e produção animal, ainda se percebe que há grandes oportunidades de estudos e produtos

para serem desenvolvidos, por meio de diferentes métodos de aplicação, concentrações eficazes que tenham impacto e sejam economicamente importantes para as espécies ruminantes (Wells, 2024).

2.7 ÓLEOS ESSENCIAIS PARA MITIGAR O ESTRESSE TÉRMICO

O estresse por calor de vacas leiteiras ocorre quando forças relacionadas ao ambiente térmico agem de forma a induzir ajustes, seja de nível celular ou no animal como um todo, a fim de evitar disfunções fisiológicas e para adaptar melhor o animal ao seu ambiente (Kadzere *et al.*, 2002).

O estresse por calor pode induzir respostas inflamatórias nos animais (Abeyta *et al.*, 2023), porém os mecanismos destas respostas ainda não estão totalmente claros. De acordo com Hall *et al.* (1999), a hipóxia intestinal que ocorre em situações de hipertermia pode contribuir para o aumento da produção de espécies reativas ao oxigênio e ao estresse oxidativo induzido pelo estresse por calor.

Respostas ao estresse por calor normalmente ocorrem quando as vacas estão fora da zona de termoneutralidade que, segundo dados revisados por Giannone *et al.* (2023) é caracterizada pela faixa entre 5 e 25°C. Com a condição de estresse alterado, as vacas normalmente respondem com a redução do consumo e da atividade, aumentam a frequência respiratória, o fluxo sanguíneo na periferia, a sudorese, e procuram um ambiente com sombra e vento (West; Mullinix; Bernard, 2003). Essas respostas do sistema fisiológico resultam em alterações negativas numa variedade de parâmetros de desempenho na vaca de leite, incluindo principalmente a produção de leite, o crescimento e a reprodução (Wells, 2024).

Devido ao impacto nos vários parâmetros de desempenho das vacas leiteiras, além de ser um problema generalizado que afeta grande parte dos principais países produtores de leite, o estresse por calor representa um enorme encargo financeiro que, de acordo com a estimativa de St-Pierre *et al.* (2003), chegou a aproximadamente 900 milhões de dólares/ano, nos EUA. Por isso, todas as estratégias que possam vir a mitigar os efeitos negativos do estresse por calor são importantes.

Conhecidos por provocar respostas biológicas em bovinos, os óleos essenciais podem auxiliar os animais a manterem a produção de leite e a função ruminal em condições de estresse por calor (Wells, 2024). Alguns óleos essenciais, incluindo cinamaldeído, eugenol, hortelã-pimenta, coentro, cominho, capim-limão e mentol, foram identificados como aditivos que auxiliam os animais a manterem o crescimento e o desempenho sob condições de estresse térmico, porém, os maiores impactos descritos repetidamente na literatura existente são provenientes da capsaicina (Wells, 2024). Com a capacidade de induzir a vasodilatação, a capsaicina pode fornecer um mecanismo termorregulador, permitindo a dissipação do calor por meio da ativação do receptor vanilóide, que é encontrado em vários tecidos do corpo (McCarty; Dinicolantonio; O'Keefe, 2015).

Pesquisas envolvendo bovinos com o uso da capsaicina para reduzir os efeitos do estresse térmico também encontraram aumento na ingestão de matéria seca, condição significativa para períodos de estresse quando a ingestão é reduzida (Rodríguez-Prado *et al.*, 2012). Neste mesmo sentido, o uso de capsaicina na dieta reduziu o calor de vacas leiteiras, em especial quando estas foram submetidas a regime de resfriamento com maior número de ciclos de aspersão (Peretti *et al.*, 2022). Além disso, quando a capsaicina foi avaliada em ovelhas lactantes, os achados foram semelhantes, mostrando que sua inclusão minimizou a redução da produção de leite, melhorou a qualidade do leite e estimulou um sistema de resposta antioxidante (Cunha *et al.*, 2020).

Outros óleos essenciais também tiveram seus efeitos investigados no estresse térmico, uma mistura de cinamaldeído, eugenol, hortelã-pimenta, coentro, cominho, capim-limão e um transportador orgânico foi fornecido na dosagem de 2g por vaca/dia durante quatro semanas para vacas leiteiras Holandesas e comparadas com um controle. Os resultados mostraram que a ingestão de matéria seca diminuiu no controle em comparação com as vacas alimentadas com a mistura de óleos essenciais, evidenciando o efeito do blend de OE sobre o consumo (Reza-Yazdi *et al.*, 2014).

2.7.1 ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO E MENTA

A adição de uma mistura de compostos contendo mentol na dieta exerceu efeitos significativos na produção de leite, no pH ruminal e na relação acetato/propionato no rúmen, indicando que pode ser uma opção nutricional útil a fim de amenizar a diminuição da ingestão de matéria seca e da produção de leite em vacas leiteiras em períodos de estresse por calor (Reza-Yazdi *et al.*, 2014). No entanto, os autores ressaltam que mais investigações são necessárias para quantificar os efeitos fisiológicos do uso dos OEs durante o estresse térmico.

Petrolli *et al.* (2019) avaliaram o efeito do óleo essencial de eucalipto administrado por água de bebida e nebulização em frangos de corte sob estresse térmico no desempenho animal, parâmetros hematológicos, contagem de leucócitos e microbiota do trato respiratório. Embora não tenham encontrado diferenças significativas nos dados de desempenho dos animais, concluíram que o óleo de eucalipto via água potável ou aspersão pode ser usado em frangos de corte em condição de estresse térmico, com o potencial de controlar a microbiota respiratória das aves. Porém, mais estudos precisam ser realizados para determinar as misturas e dosagens ideais para mitigar os impactos do estresse térmico e proporcionar alívio a esses animais. Além disso, é provável que muitos óleos essenciais possam proporcionar benefícios durante todo o ano e não apenas nos períodos de verão.

Tomanić *et al.* (2022) avaliaram em ensaios *in vitro* o potencial antibacteriano e antioxidante de dois óleos essenciais em cepas bacterianas isoladas de vacas com mastite clínica e subclínica. Identificaram no óleo essencial de *Menthae piperitae* o mentol como o composto dominante. Os autores apresentam os valores de concentrações inibitórias mínimas e concentrações bactericidas mínimas que foram usados para medir quantitativamente a atividade antibacteriana dos óleos essenciais. Apesar de encontrarem efeitos de atividade antibacteriana em algumas cepas de *Streptococcus spp.*, os autores relatam mais estudos clínicos são necessários para testar o papel potencial dos EOs no tratamento da mastite em vacas leiteiras.

Alali et al. (2013) buscaram determinar o efeito de uma mistura de óleo essencial contendo eucalipto administrada via de bebida com diferentes concentrações e controle sem adição de OE. Verificaram o efeito do OE em diferentes concentrações sob o desempenho, mortalidade, consumo de água, pH do papo e ceco, e eliminação fecal e colonização de *Salmonella enterica* sorovar Heidelberg em aves de corte após desafio com *Salmonella* Heidelberg. Em menores concentrações (0,025% e 0,015%) observaram uma melhoria na taxa de conversão alimentar e aumento do ganho de peso em comparação com os controles, mas não reduziu significativamente a colonização de *Salmonella* Heidelberg. Já o uso do OE em concentração maior (0,05%) reduziu significativamente ($P<0,05$) a colonização de *Salmonella* Heidelberg em papos de aves desafiadas, reduziu significativamente a taxa de conversão alimentar e aumentou o ganho de peso em comparação com os controles.

3 ARTIGO: PRODUÇÃO, COMPORTAMENTO E CONFORTO TÉRMICO DE VACAS EM SALA DE RESFRIAMENTO COM ASPERSÃO CONTENDO OU NÃO ÓLEOS ESSENCIAIS DE EUCALIPTO E MENTA E SEUS EFEITOS SOBRE A PROGÊNIE

Os resultados estão apresentados na forma de artigo, de acordo com as seções e orientações da Revista *Journal of Thermal Biology*.

3.1 RESUMO

Recentemente, existem evidências dos benefícios da utilização de óleos essenciais (OE) na melhoria do desempenho e saúde de vacas leiteiras. Objetivou-se com este trabalho avaliar se a inclusão de OE de eucalipto e menta na água de aspersão altera o comportamento e as respostas termorregulatórias de vacas Jersey no período de transição. Foram utilizadas 14 vacas, divididas em dois grupos, tratamento (aspersão com inclusão de OE) e controle (aspersão somente com água). Os banhos diários foram realizados em uma sala de resfriamento. O experimento ocorreu entre dezembro/2023 e fevereiro/2024. Foram mensuradas, frequência respiratória (FR; $mov.\min^{-1}$), temperatura retal (TR, °C) e temperatura superficial (TS, °C), em três coletas diárias (antes da aspersão - Tantes, 15 minutos após a aspersão - T15 e 60 minutos após a aspersão - T60). Medidas relacionadas ao comportamento, colostro e leite das vacas também foram avaliadas. Os bezerros nascidos foram avaliados em termos de desempenho, parâmetros sanguíneos e bioquímicos. A FR foi menor no grupo com OE após aspersão ($P \leq 0,05$), com efeito de interação entre momento de coleta e tratamento ($P = 0,0004$). As medidas de TS apresentaram diferença entre tratamento e momento de coleta em todos os pontos de aferição, com menores valores para o grupo com OE. Verificamos maior produção de leite e eficiência alimentar no grupo com OE ($P < 0,05$), mostrando-se assim uma opção para amenizar a diminuição da produção de leite e eficiência alimentar de vacas leiteiras em lactação expostas ao calor.

PALAVRAS-CHAVE: Água; Bovinocultura de leite; Estresse térmico; Óleo de eucalipto; Óleo de menta.

3.2 INTRODUÇÃO

As alterações climáticas e o estresse por calor são desafios importantes e constantes para a pecuária leiteira, uma vez que estes fatores ocasionam prejuízos financeiros consideráveis devido à redução da produção de leite (Polsky; von Keyserlingk, 2017; St-Pierre; Cobanov; Schnitkey, 2003; Stull et al., 2008; West et al., 1999). Porém, o estresse por calor não acomete apenas vacas em lactação, vacas secas também são drasticamente afetadas por esse fenômeno (Dahl; Tao; Monteiro, 2016; Tao; Dahl, 2013).

O período de transição é uma fase crítica para a vaca leiteira, pois nesta fase ocorrem importantes processos para o crescimento fetal e a transição fisiológica para a próxima lactação, sendo influenciada por fatores ambientais como temperatura e luz (Tao; Dahl, 2013). Vacas expostas ao estresse térmico durante o período seco demonstraram um comprometimento na proliferação de células mamárias (Tao et al., 2011), menor função imunológica (do Amaral et al., 2010, 2011) e redução da produção de leite na lactação futura (Dahl; Tao; Laporta, 2017; Karimi et al., 2015; Ouellet; Laporta; Dahl, 2020). Além disso, o estresse durante o período seco reduz o número de dias em gestação e o peso ao nascer de bezerros (Monteiro et al., 2016; Seyed. Almoosavi et al., 2020; Seyed Almoosavi et al., 2021), bem como prejudica a transferência imunológica para os bezerros nascidos (Seyed. Almoosavi et al., 2020; Seyed Almoosavi et al., 2021).

As mudanças nos padrões de temperatura e projeções climáticas são preocupações de nível mundial (Manica et al., 2022), relatórios indicam que devemos ultrapassar o aquecimento em 1,5°C da temperatura média global até 2030 (IPCC, 2023). Com isso, o desafio de mitigar os efeitos do estresse por calor aumenta. Manica et al. (2022) relataram que vacas holandesas expostas a ondas de calor diminuíram a produção diária de leite. Neste estudo, demonstraram que durante períodos de ondas de calor apenas o uso de ventiladores não é suficiente para os animais manterem o equilíbrio térmico. Em

regiões de clima subtropical, até mesmo o uso de ventiladores associados a aspersores não é suficiente para a manutenção da produção de leite durante períodos de altas temperaturas (Dikmen *et al.*, 2020; Santana *et al.*, 2016).

A literatura científica já demonstrou os benefícios da utilização do resfriamento direto de vacas leiteiras, investigando diferentes aspectos deste sistema, como diferentes fluxos de água (Chen; Schütz; Tucker, 2016), número de ciclos de resfriamento por dia (Pinto *et al.*, 2019) e tempo de intermitência (Peretti *et al.*, 2022). Nestes trabalhos, foi evidenciado que estes diferentes aspectos são capazes de afetar o conforto térmico e a produtividade animal.

Por outro lado, os óleos essenciais podem proporcionar efeitos biológicos interessantes nas espécies de interesse zootécnico. Estudos avaliaram seus efeitos na melhoria do desempenho (Alali *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2008; Youn; Noh, 2001) e saúde (Amat *et al.*, 2019; Ananda Baskaran *et al.*, 2009; Ebani *et al.*, 2020) dos animais. Na pecuária leiteira estudos investigaram óleos essenciais para prevenção e tratamento de infecções microbianas e parasitárias (Chen *et al.*, 2019), para melhoria da produção de leite (Al-Suwaiegh *et al.*, 2020; Braun *et al.*, 2019), do desempenho animal (Abulaiti *et al.*, 2021; Ornaghi *et al.*, 2017) e função ruminal (da Silva *et al.*, 2019; Ornaghi *et al.*, 2017), bem como para amenizar o estresse térmico (Abulaiti *et al.*, 2021; Reza-Yazdi *et al.*, 2014; Rodríguez-Prado *et al.*, 2012).

Trabalhos que avaliaram óleos essenciais que continham eucalipto e/ou menta em sua composição na dieta se mostraram eficazes em proporcionar adaptação ao calor e outros benefícios (Dal Santo *et al.*, 2021; Petrolli *et al.*, 2019; Reza-Yazdi *et al.*, 2014; Sinhorin *et al.*, 2018). O efeito da utilização destes óleos via água de aspersão ainda é pouco conhecido, porém, trabalho realizado por Petrolli et al. (2019) apresentou bons resultados com a utilização de óleo de eucalipto por esta via, na criação de aves de corte. No entanto, ainda há uma lacuna do conhecimento sobre o uso de óleos essenciais na água de aspersão utilizada para resfriamento de vacas leiteiras.

Com grande destaque na cadeia produtiva do leite, a região Sul do Brasil utiliza principalmente as raças Jersey e Holandês na produção leiteira. Em relação ao gado Holandês, a raça Jersey possui uma menor área de superfície em relação à massa corporal, além de uma melhor proteção da pele contra

radiação solar ultravioleta e maior capacidade de transpiração (Silva; Arantes-Neto; Heltz-Filho, 1988). No entanto, a maior parte dos trabalhos realizados sobre resfriamento de vacas leiteiras se concentra na raça Holandesa.

Nosso objetivo foi avaliar se a aspersão em sala de resfriamento com água contendo óleos essenciais melhora o comportamento, o conforto térmico e o desempenho de vacas Jersey no período de transição. E ainda, se o efeito desta aspersão se estende aos bezerros, com nascimento de animais mais pesados e mais saudáveis.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Udesc, sob protocolo CEUA nº 5160131223.

3.3.1 Local do estudo, instalações, animais e design experimental

O experimento foi realizado no setor de bovinocultura de leite da Fazenda Experimental do Centro de Educação Superior do Oeste – FECEO, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, localizado em Guatambu, Santa Catarina, Brasil, (coordenadas 27° 9' 9,52" S e 52° 47' 14,22" W; altitude de 515 m). O clima é classificado como Cfa, úmido subtropical com ausência de estação seca e verão quente, segundo a classificação climática mundial de Köppen-Geiger, revisada por Alvares et al. (2013).

Os animais utilizados na pesquisa foram alojados em uma instalação do tipo *compost barn* com área de alimentação privativa. A instalação de 384 m² continha piso de concreto na área de alimentação e área com cama de maravalha para descanso, a instalação era coberta com telhas de zinco. A estrutura do galpão dispunha de sistema de ventilação (seis ventiladores Eco Fan MX 160, da marca MX do Brasil®, sendo três na área do *compost barn*, um direcionado para a área da ordenha robotizada e dois na sala de alimentação) e aspersão na área de alimentação. Além disso, a instalação possuía uma sala de resfriamento adicional, adjacente à área de alimentação, onde foram realizadas as sessões de aspersão diárias, que proporcionaram os tratamentos a serem

testados nesta pesquisa, mais detalhados posteriormente. Na maior parte do dia, os animais eram mantidos na área de cama do *compost barn*, com ventilação ligada 24 horas por dia e acesso à água *ad libitum*.

A instalação possuía uma área de ordenha robotizada (modelo VMSTM V300 DELAVAL®), uma sala de ordenha mecanizada modelo espinha de peixe, utilizada para a ordenha do colostro das vacas nas primeiras duas ordenhas após o parto, sala com resfriador de leite e sala de armazenamento de alimentos. Toda a instalação possuía piso de concreto, com exceção da área de descanso, modelo *compost barn*, com a superfície de piso coberta de maravalha e a cobertura da instalação era de telhas de zinco.

O período total do experimento foi de 64 dias, entre dezembro/2023 e fevereiro/2024, em condições de verão brasileiro, compreendendo o dia -20 (20 dias antes da data prevista dos partos) e o dia +44 (44 dias após a data prevista dos partos). Ao todo, foram utilizadas 14 vacas da raça Jersey, com três anos de idade que estavam em sua segunda gestação. Para divisão dos grupos, foi utilizada a produção média de leite na lactação anterior de $20,3 \pm 1,71$ (DP) kg/d, divididas em dois grupos com sete animais cada, balanceados pela produção de leite. No início do experimento, todos os animais estavam com oito meses de gestação, utilizando o mesmo protocolo de inseminação artificial em tempo fixo. Os bezerros nascidos também foram avaliados em relação a parâmetros sanguíneos e de desempenho.

3.3.2 Ambiente térmico das instalações

O ambiente térmico da sala de aspersão e da sala de alimentação foi monitorado, com registro das variáveis temperatura e umidade relativa do ar a cada 15 minutos, por meio de dataloggers (HOBO U12-013; Onset, Bourne, MA, USA) posicionados no interior de miniabrigos meteorológicos. A partir das medidas registradas, foram calculados os valores de ITU (índice de temperatura e umidade) (Kelly; Bond, 1971) (eq.01):

$$\text{ITU} = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times UR) \times (1.8 \times T - 26)];$$
 Em que ITU é o índice de temperatura e umidade (valor adimensional); T é a temperatura do

ar ($^{\circ}\text{C}$, Tmed ou Tmax, dependendo do caso) e UR é a umidade relativa do ar (%).

3.3.3 Manejo alimentar das vacas e bezerros

Durante o período experimental, as vacas receberam uma dieta que atendia suas exigências nutricionais, com dieta aniônica no pré-parto, e aumento gradativo da quantidade de concentrado até 12 dias após o parto. A dieta foi formulada a base de feno, silagem de milho e concentrado. O concentrado pré-parto era composto por farelo de soja, milho fubá (peneira 2 mm), farelo de trigo, casca de soja e núcleo BOVIGOLD® Pré-Parto OVN (DSM Tortuga®), para conferir a dieta aniônica da dieta. A dieta no período de lactação foi formulada contendo silagem de milho e concentrado a base de milho fubá (peneira 2mm), farelo de soja, farelo de trigo, casca de soja e núcleo BOVIGOLD® Plus (DSM Tortuga®), formulado para dieta de lactação. A alimentação era fornecida individualmente duas vezes ao dia, às 7:00h e 16:00h.

Após o parto, cada recém-nascido recebeu colostro proveniente de sua mãe em quantidade equivalente a 10% do seu peso vivo em até 4 horas após o nascimento. A alimentação dos bezerros foi baseada no leite exclusivo de sua mãe apenas durante os primeiros quatro dias de vida, duas vezes ao dia. Após esse período os bezerros receberam leite dos animais que estavam em ordenha, além de acesso ad libitum à água e concentrado.

3.3.4 Sistema de resfriamento em sala de aspersão

A sala de aspersão possuía 20 m^2 e era localizada entre a área de alimentação e a área de descanso (*compost barn*). Foram instalados 9 bicos de aspersão (CH 100, MagnoJet), com uma vazão média de 2,4 L/min. A aspersão era realizada uma vez ao dia, por um período de 14 minutos diários para cada grupo, sendo a duração baseada nas informações de Tresoldi et al. (2018), em que foi estimado como o tempo mínimo para que a temperatura da pele atingisse a temperatura da água aspergida. As sessões diárias de aspersão eram acionadas e desligadas manualmente e ocorriam às 13h30 e 14h00, para os

grupos controle e tratamento, respectivamente, durante os 64 dias do experimento.

O sistema de aspersão era conectado a dois tanques reservatórios de 500 L que forneciam a água necessária para a aspersão. O óleo essencial (BronchovestTM), que continha em sua composição óleo de menta (87 g/kg) e óleo de eucalipto (126 g/kg), era adicionado em um dos tanques na quantidade de 660 mL de solução de óleo essencial (OE) pré-diluída (que consistia em 1 L do blend de OE diluídos em 10 L de água), que foi utilizada para cada sessão de aspersão do grupo tratamento. O grupo controle recebeu o mesmo manejo, porém, com a aspersão proveniente do tanque reservatório sem a adição da solução de OE.

Após a sessão de aspersão, os animais eram conduzidos à área de alimentação, permanecendo nesta, com os ventiladores acionados e sem aspersão por um período de 15 minutos, tempo estimado para a secagem do pelame, de acordo com Tresoldi et al. (2018). Após esse período, nos dias de coleta de dados os animais ficavam alojados individualmente até que todas as coletas tivessem sido realizadas, já nos dias que não havia coleta de dados os animais eram soltos logo após os 15 minutos da secagem do pelame.

3.3.5 Avaliação das variáveis termorregulatórias

As avaliações das variáveis termorregulatórias indicadoras do conforto térmico dos animais foram realizadas ao longo de todo o experimento, semanalmente em períodos de dois ou três dias consecutivos, em três momentos do dia. Foram realizadas coletas de todas as vacas do experimento, nos dias (-20, -19, -14, -13, -12, -7, -6, -5, 0, 1, 2, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 35, 36, 36, 42, 43, 44), totalizando 29 dias de avaliação.

Como indicadores do conforto térmico foram considerados os dados de frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura superficial (TS). As variáveis foram aferidas em três momentos: antes da entrada na sala de aspersão (T-Antes), 15 minutos após saírem da aspersão (T-15) e 60 minutos após saída da aspersão (T-60).

Primeiramente foi estimada a frequência respiratória (FR), a partir da contagem de movimentos do flanco, durante 15 segundos, realizando-se posteriormente a extração para o número de movimentos por minuto. Posteriormente, foi aferida a temperatura superficial (TS) dos animais, com a utilização de um termômetro de infravermelho digital, com uma resolução de 0,2 °C, ajustado para a emissividade de 0,98. A TS foi aferida a uma distância não superior a um metro, mantendo o equipamento em uma posição perpendicular em relação às seguintes regiões corporais, sempre do lado direito do animal: garupa (TSGAR), flanco (TSFLA), costela (TSCOS), pata (TSPAT) e orelha (TSORE) adaptado de Montanholi et al. (2008). Com os animais contidos, a temperatura retal (TR) foi medida por último, utilizando um termômetro clínico digital, em contato com a mucosa retal dos animais.

3.3.6 Gestação, quantidade e qualidade do colostro e leite

Para obtenção do colostro, as vacas foram ordenhadas em sistema de ordenha mecanizada com extratores e estação de lavagem automática (BOUMATIC®), em tarros individuais. Após a mensuração da quantidade de colostro, o material foi homogeneizado para coleta de amostras de 300 mL e armazenadas em garrafas plásticas, mantidas a -20°C até sua análise. Além disso, a qualidade do colostro também foi estimada utilizando-se um refratômetro digital (MA871 Refractometer, Milwaukee Instruments) a partir de amostras de colostro fresco, para estimar a porcentagem de °Brix.

Para a determinação da qualidade do colostro a partir da porcentagem de °Brix, foi assumido o ponto de corte de 21%, de acordo com recomendação de Quigley et al. (2013), para estimar amostras de alta qualidade, correspondendo a concentração de IgG no colostro maior do que 50 mg/mL, aproximadamente.

As análises de composição do colostro foram determinadas por método infravermelho (Dairy Spec FT®, Bentley Instruments Inc.), para obtenção dos teores de caseína, gordura, lactose, proteína e sólidos totais, conforme metodologia do fabricante.

A produção dos animais foi obtida pelos dados da ordenha robotizada nos dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 do experimento. O consumo diário de alimentos foi

avaliado pesando as sobras (quando houve) diariamente e subtraindo-as do peso total da alimentação fornecida ao dia.

3.3.7 Desempenho dos bezerros nascidos, avaliação no sangue e soro

Os bezerros foram pesados logo após o parto e, posteriormente alocados individualmente em gaiolas suspensas, sendo pesados semanalmente durante o período do experimento, utilizando-se balança digital. Para cada nascimento, contabilizamos os dias de gestação das mães.

Amostras de sangue dos bezerros foram coletadas imediatamente após o nascimento, 24h após, 5 e 10 dias pós-nascimento, por meio de punção da veia jugular. As amostras em tubos vacuolizados com anticoagulante (EDTA) foram utilizadas para realização de hemograma em equipamento automático, conforme metodologia apresentada pelo fabricante (Equipe Vet 3000®). Os seguintes parâmetros foram analisados: eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, leucócitos, linfócitos, granulócitos, monócitos e plaquetas. As amostras em tubos vacuolizados sem anticoagulante foram utilizadas para obtenção do soro e, posteriormente realizada as seguintes análises bioquímicas: albumina (AL), proteína total (PT) e ureia, além de globulinas (pela subtração da PT – AL). As análises foram realizadas em equipamento semiautomático Bio-2000 (BioPlus®) e com kits comerciais (Analisa®), conforme indicações dos fabricantes.

A avaliação da transferência de imunidade passiva (TIP) foi realizada por meio do soro de amostras colhidas após 24h do nascimento e analisadas em refratômetro digital (MA871 Refractometer, Milwaukee Instruments), assumindo o valor de 8,4% de ° Brix para indicar uma adequada transferência de imunidade passiva (Deelen *et al.*, 2014).

3.3.8 Comportamento animal

O registro do comportamento das vacas foi realizado por meio de câmeras de vídeo. As imagens foram analisadas posteriormente por um observador treinado que registrou o comportamento dos animais em 15 dias experimentais, nos dias (2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20 e 23), por um período de

uma hora por dia, entre 18h00 e 19h00 horas, período em que os animais estavam na área de *compost barn*. Para a identificação dos animais, foram utilizadas coleiras com cores diferentes para cada animal e o respectivo tratamento.

As observações foram realizadas pelo método de grupo focal com amostragem 1/0 (Broom; Fraser, 2007), durante 1 minuto a cada 5 minutos, pelo período de uma hora por dia de avaliação, registrando-se a atividade dos animais, conforme etograma (Tabela 1) adaptado de Marumo et al. (2024).

Tabela 1 - Etograma de trabalho utilizado para avaliação do comportamento das vacas.

Comportamento	Descrição
Deslocamento	Caminhada, deslocar-se na área de descanso
Empurrar	Deslocamento de outro animal com o corpo
Cabeçada	Golpe rápido com a cabeça em outro animal, sem causar deslocamento
Perseguir	Um animal faz com que o outro se afaste sem nenhum contato físico
Cuidar dos outros	Evento envolvendo alisar ou lamber parte do corpo de outro animal em seu ambiente
Ser cuidado	A vaca tem alguma parte de seu corpo alisado por outro animal em seu ambiente
Subordinado	Evento em que a vaca leva uma cabeçada de outra vaca e o destinatário se afasta
Dominante	Contato violento de cabeça em outro animal, com o receptor se virando
Estereotipia	Movimentos repetitivos, regulares, de mesma forma e, sem possuir nenhum propósito útil

Fonte: Adaptado de Marumo et al. (2024).

3.3.9 Análise dos dados

As análises dos dados foram realizadas no software estatístico SAS OnDemand (SAS, 2012). As variáveis FR, TR, TSGAR, TSFLA, TSCOS, TSORE e TSPAT foram analisadas a partir de um modelo linear geral misto (PROC GLIMMIX do SAS). O modelo geral empregado segue abaixo:

$$y_{ijklm} = \mu + D_i + T_j + M_k + (T \times M)_{jk} + \delta_l + \varepsilon_{ijklm}$$

Onde,

y_{ijklm} = valor da m -ésima observação para determinada variável resposta,
 μ = intercepto,

D_i = efeito aleatório do i -ésimo dia da coleta, com $i=29$,

T_j = efeito fixo do j -ésimo tratamento, com $j=2$,

M_k = efeito fixo k -ésimo momento de coleta, com $k=3$,

$(T \times M)_{jk}$ = efeito fixo da interação entre tratamento e momento da coleta,

δ_l = efeito aleatório de medida repetida para a l -ésima vaca, com $k= 14$,

ε_{ijklm} = erro aleatório associado à observação y_{ijklm} .

O ajuste dos modelos foi verificado por meio dos critérios de informação Akaike e Bayesiano (AIC e BIC, respectivamente) (Wolfinger, 1993). A normalidade dos resíduos foi verificada por meio de visualização de histogramas e teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE do SAS). A homogeneidade de variância dos resíduos para os tratamentos foi verificada por meio de gráficos dos resíduos versus valores preditos e teste de Levene. Os resultados foram apresentados como valores de média ajustada e, quando significativos a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer.

Para as variáveis comportamentais o efeito dos tratamentos sobre a resposta, ou seja, ocorrência dos comportamentos, foi estudado por meio de um modelo de regressão logística. O modelo geral segue abaixo:

$$\log \left(\frac{P}{1 - P} \right) = \mu + D_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde,

P = é a probabilidade do comportamento ocorrer de acordo com o modelo,

μ = intercepto,

D_i = efeito aleatório do i -ésimo dia da avaliação, com $i=15$,

T_j = efeito fixo do j -ésimo tratamento, com $j=2$,

ε_{ij} = erro aleatório.

Os resultados foram apresentados indicando os valores absolutos e relativos de ocorrência dos comportamentos juntamente com seus valores de razão de chance (odds ratio). Assim como no modelo descrito anteriormente, consideramos significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis relacionadas ao peso dos bezerros foram analisadas por meio de um modelo linear geral considerando o peso inicial como uma covariável. Já as variáveis relacionadas à qualidade do colostro foram analisadas por meio de um modelo linear geral misto que incluiu o efeito fixo de tratamento e o efeito aleatório de vaca. Ainda, as variáveis relacionadas ao

hemograma dos bezerros foram analisadas por um modelo linear geral misto considerando o efeito fixo de tratamento e os efeitos aleatórios de horário de coleta e de medida repetida de bezerro. Para este modelo, quando a pressuposição de normalidade dos resíduos não foi atendida, foi empregado um modelo linear generalizado misto com distribuição lognormal, com retransformação de médias posteriormente para apresentação dos resultados.

Ambos os três modelos descritos acima foram empregados utilizando o PROC GLIMMIX do SAS. A normalidade dos resíduos foi testada por meio de gráficos quantil-quantil e histogramas utilizando o PROC UNIVARIATE, enquanto a homogeneidade de variâncias dos resíduos dos tratamentos foi verificada por meio de box-plots usando o PROC BOXPLOT, e a independência dos erros foi verificada por meio de gráficos de dispersão entre os valores preditos e os resíduos usando o PROC SGPlot. Foi considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados foram apresentados como média \pm erro padrão da média.

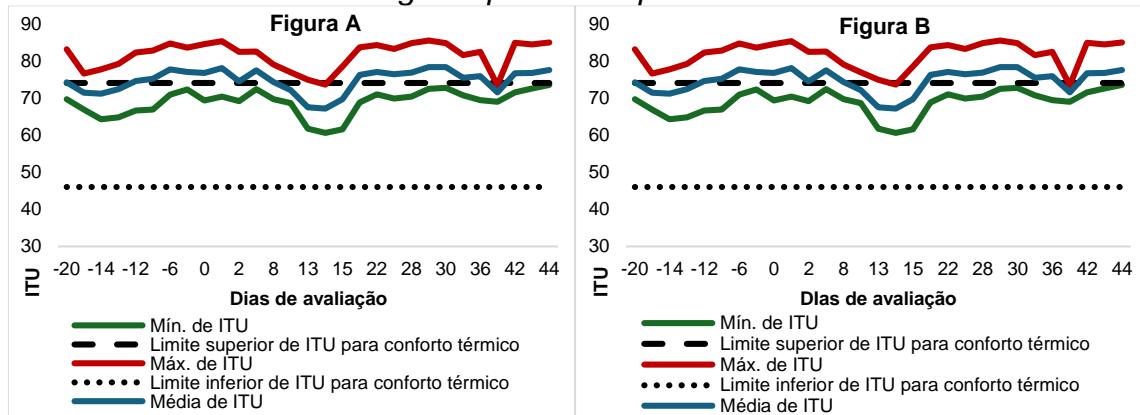
As variáveis relacionadas ao desempenho das vacas, produção de leite, consumo diário de alimentos e eficiência alimentar foram analisadas por meio do teste T, com efeitos de tratamento e interação entre tratamento e dia.

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Ambiente térmico das instalações

Apresentamos na Figura 1 (A) e (B) a descrição do ambiente térmico da instalação utilizada no experimento. Para tanto, assumimos como faixa termoneutra os valores de ITU (índice de temperatura e umidade) 46 a 74, respectivamente (Oliveira *et al.*, 2022).

Figura 1 - Valores diários médios, mínimos e máximos de Índice de temperatura e umidade (ITU) na sala de alimentação (A) e aspersão (B) ao longo do período experimental.



Fonte: elaborado pelo autor.

O ITU de menor valor calculado com os dados da sala de alimentação durante os dias de avaliação de conforto térmico dos animais foi de 60, no dia 14 de avaliação, e o maior valor de ITU foi de 85 no dia 29 de avaliação (Figura 1A). O valor médio de ITU na sala de alimentação durante todo o período de avaliação foi de 74. Já na sala de aspersão, o menor valor de ITU calculado durante os dias de avaliação de conforto térmico dos animais foi de 61, no dia 13 de avaliação, e o maior valor de ITU foi de 85 no dia 42 de avaliação (Figura 1B). O valor médio de ITU calculado durante todo o período de avaliação na sala de aspersão foi de 74.

3.4.2 Conforto térmico

Os dados relacionados ao conforto térmico das vacas estão apresentados na Tabela 2 e Figuras 2 (A), (B), (C) e (D). Foi encontrado efeito do momento de coleta em todas as variáveis termorregulatórias ($P<0,0001$), com exceção da TR ($P=0,6961$). Em linhas gerais, houve uma redução da frequência respiratória e das temperaturas superficiais logo após a aspersão (T-15), tanto no grupo controle, como no grupo com uso de OE, porém em magnitudes distintas, já que houve diferença estatística entre o grupo tratamento e controle, neste momento de coleta (T-15) no caso das temperaturas superficiais e FR (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias ajustadas para as variáveis frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura superficial da garupa (TSGAR), flanco (TSFLA), costela (TSCOS), orelha (TSORE) e pata (TSPAT) considerando o efeito de tratamento (controle e tratamento), momento da coleta e interação

Variável	Tratamento	Momento da coleta			P-valor		
		T-antes	T-15	T-60	Tratamento	Coleta	Interação*
FR	Controle	48 aA	27 cA	43 bA	0,0143	<0,0001	0,0004
	Óleo essencial	49 aA	26 cB	41 bB			
TR	Controle	38,50	38,45	38,45	0,0520	0,6961	0,2060
	Óleo essencial	38,49	38,53	38,50			
TSGAR	Controle	34,73 aA	31,88 bA	34,52 bA	<0,0001	<0,0001	0,0040
	Óleo essencial	34,61 aA	31,08 cB	34,28 bA			
TSFLA	Controle	34,63 aA	31,79 bA	34,44 aA	0,0001	<0,0001	0,0100
	Óleo essencial	34,52 aA	31,10 bB	34,27 aA			
TSCOS	Controle	34,46	31,31	34,26	<0,0001	<0,0001	0,3584
	Óleo essencial	34,24	30,80	33,94			
TSORE	Controle	34,31	32,31	34,04	<0,0001	<0,0001	0,0501
	Óleo essencial	34,11	31,63	33,45			
TSPAT	Controle	32,60 aA	29,46 cA	31,98 bA	<0,0001	<0,0001	0,0178
	Óleo essencial	32,52 aA	28,71 cB	31,64 bB			

¹Médias seguidas por letras maiúsculas comparam as colunas e minúsculas as linhas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%).

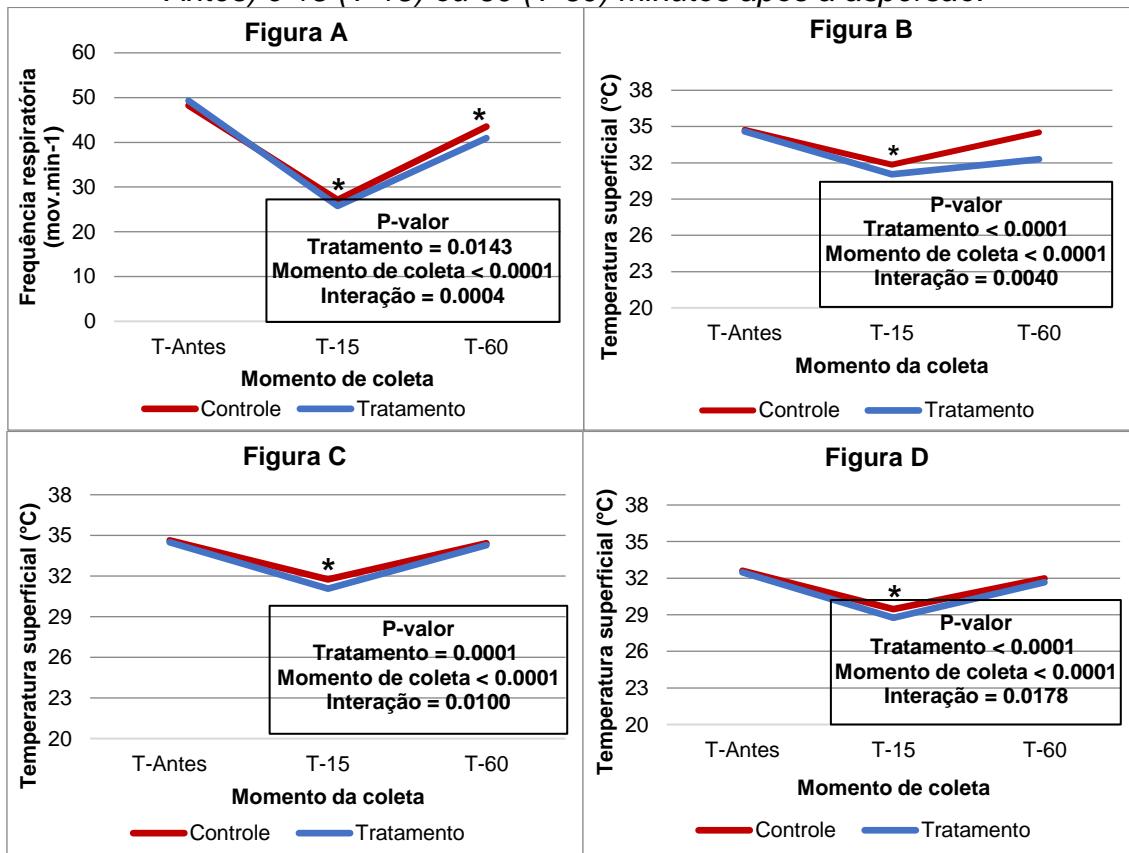
Fonte: elaborado pelo autor.

A FR foi menor no grupo com uso de OE nas coletas pós-aspersão (T-15 e T-60) ($P \leq 0,05$), com efeito de interação entre momento de coleta e tratamento ($P=0,0004$) (Tabela 2; Figura 2A).

A utilização de óleos essenciais na água de aspersão apresentou efeito significativo em reduzir a TS das vacas em todas as cinco regiões corporais de aferição (TSGAR, TSFLA, TSCOS, TSORE e TSPAT) (Tabela 2), com efeito de interação tratamento *versus* momento de coleta ($P \leq 0,05$) nas regiões TSGAR, TSFLA e TSPAT.

A TR não apresentou efeito significativo de interação ($P=0,2060$), momento de coleta ($P=0,6961$) ou tratamento ($P=0,0520$) (Tabela 2).

Figura 2 - Frequência respiratória (FR) (Figura A), temperatura superficial (°C) da garupa (Figura B), flanco (Figura C) e pata (Figura D) das vacas do grupo controle e tratamento, nos três momentos de coleta, antes da aspersão (T-Antes) e 15 (T-15) ou 60 (T-60) minutos após a aspersão.



Fonte: elaborado pelo autor.

Houve interação entre tratamento e momento da coleta para a variável TSGAR ($P=0,0040$) (Tabela 2; Figura 2B). No momento T-15, as vacas aspergidas com OE apresentaram menor valor de TSGAR comparadas com as vacas do grupo controle (Figura 2B). Já em T-60, a diferença de TSGAR entre tratamento e controle, embora maior numericamente que em T-15, não foi significativa.

Encontramos efeito significativo da interação tratamento com momento da coleta ($P=0,0100$) para a variável TSFLA, mostrando que apenas no momento T-15 as vacas no grupo com uso de OE apresentaram menores valores desta variável, comparadas ao controle (Tabela 2; Figura 2C).

A temperatura superficial na região da costela (TSCOS) não apresentou efeito significativo da interação entre tratamento e momento da coleta ($P=0,3584$) (Tabela 2). Por outro lado, foi verificado efeito tanto de momento de

coleta, como de tratamento ($P<0,0001$). O controle apresentou maiores valores de TSCOS em relação ao grupo com uso de OE. Além disso, foi verificado efeito de momento de coleta para esta variável ($P<0,0001$), com menores valores de TSCOS na coleta T-15.

Não foi verificada interação entre tratamento e momento de coleta para a temperatura superficial na área de orelha (TSORE) ($P=0,0763$). Por outro lado, o grupo controle apresentou valores maiores de TSORE em relação ao grupo com uso de OE ($P<0,0001$) (Tabela 2). Na coleta T-15 foi verificado o menor valor de TSORE, seguido de T-60 e T-Antes ($P<0,0001$).

Para a variável TSPAT, encontramos efeito significativo da interação tratamento – momento da coleta ($P=0,0178$), mostrando que apenas no momento T-15, houve diferença entre as vacas no grupo com uso de OE, que apresentavam menores valores de TSPAT, comparadas ao grupo controle (Figura 2D).

3.4.3 Comportamento animal

A Tabela 3 indica os valores de razão de chance (*odds ratio*), bem como as frequências absolutas e relativas de cada comportamento avaliado, nos grupos com uso de OE e controle.

Tabela 3 - Razão de chance (odds ratio) de ocorrência de determinado comportamento em função dos tratamentos e suas respectivas frequências absolutas e relativas.

Variável	Grupo				Odds Ratio	P-valor*		
	Controle		Tratamento					
	Sim	Não	Sim	Não				
Deslocamento	169 (43,3%)	26 (6,7%)	167 (42,8%)	28 (7,2%)	1,090	0,7743		
Empurrar	32 (8,2%)	163 (41,8%)	20 (5,1%)	175 (44,9%)	1,718	0,0987		
Cabeçada	28 (7,2%)	167 (42,8%)	35 (9,0%)	160 (41,0%)	0,766	0,3538		
Perseguir	9 (2,3%)	186 (47,7%)	4 (1,0%)	191 (49,0%)	2,310	0,1922		
Cuidar dos outros	54 (13,9%)	141 (36,1%)	44 (11,3%)	151 (38,7%)	1,314	0,2643		
Ser cuidado	46 (11,8%)	149 (38,2%)	44 (11,3%)	151 (38,7%)	1,059	0,8140		
Subordinado	15 (3,9%)	180 (46,1%)	27 (6,9%)	168 (43,1%)	0,519	0,0741		
Dominante	8 (2,1%)	187 (47,9%)	10 (2,6%)	185 (47,4%)	0,791	0,6383		
Estereotipia	34 (8,7%)	161 (41,3%)	26 (6,7%)	169 (43,3%)	1,373	0,2828		

*Considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores de *odds ratio* maiores que um no grupo controle (usado como categoria de referência) indicariam uma chance maior de realização de cada comportamento avaliado por este grupo. Por outro lado, um valor menor que um indicaria uma menor chance de realização de cada comportamento. No entanto, o P-valor não foi significativo para nenhuma variável comportamental, indicando que os comportamentos não foram afetados pelos tratamentos, não havendo diferença estatística na razão de chance de realização de cada comportamento, nos grupos com uso de OE e controle.

3.4.4 Gestação, quantidade e qualidade do colostro e leite

As medidas de quantidade e qualidade de colostro, bem como os dias de gestação dos animais não apresentaram diferença entre os grupos ($P>0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias ajustadas no número de dias de gestação, quantidade e qualidade do colostro de vacas submetidas aos grupos controle e tratamento.

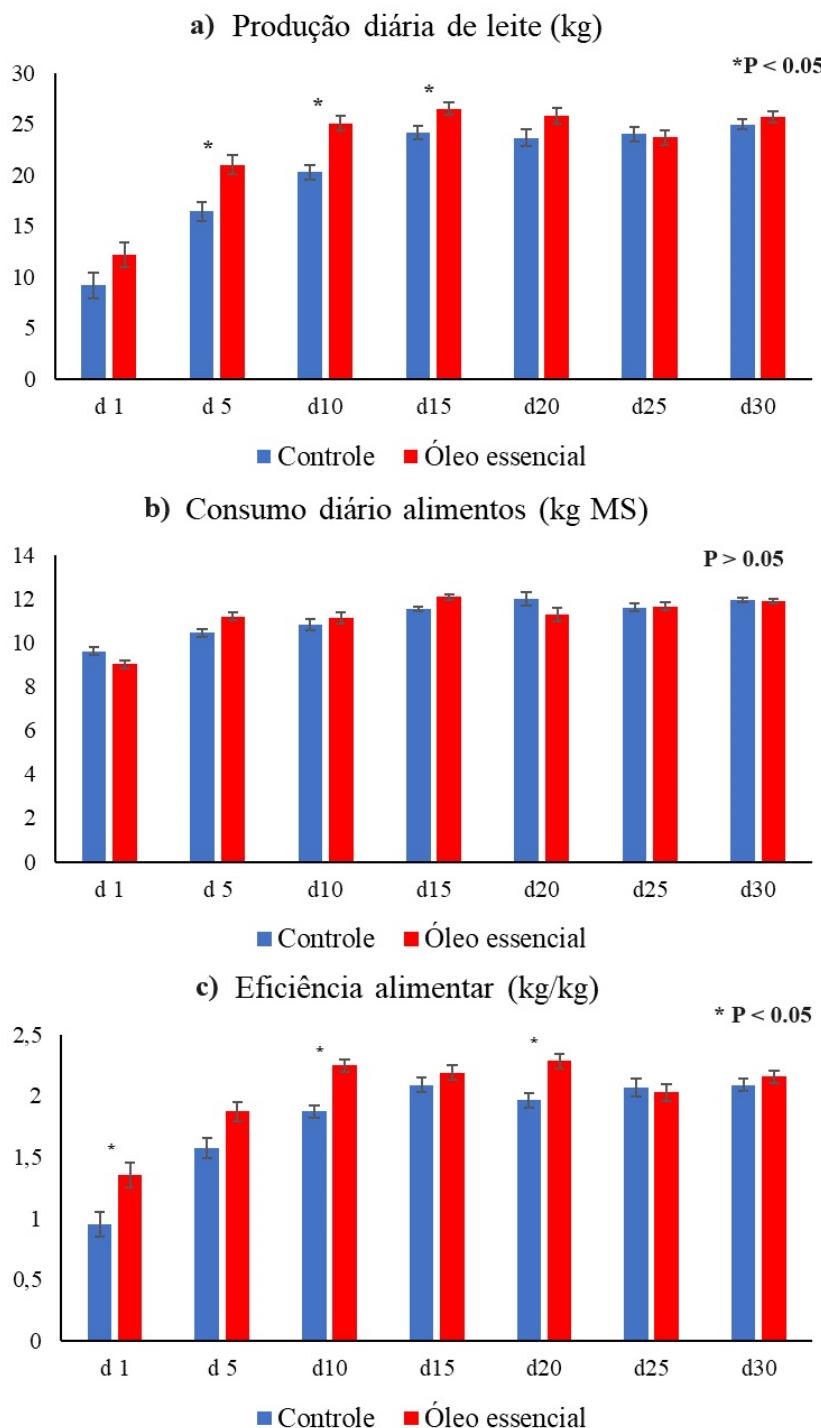
Variáveis	Controle ¹	Tratamento ¹	P-valor*
Gordura (%)	4,90 ± 0,741	4,97 ± 0,686	0,9505
Proteína (%)	12,62 ± 1,084	13,36 ± 1,003	0,6283
Lactose (%)	1,56 ± 0,283	1,77 ± 0,262	0,5956
Sólidos Totais (%)	21,58 ± 1,473	22,64 ± 1,363	0,6075
Caseína (%)	11,05 ± 0,961	11,73 ± 0,890	0,6114
SNF (%)	16,68 ± 0,988	17,67 ± 0,914	0,4744
Qte Colostro (L)	6,42 ± 1,015	8,36 ± 0,939	0,1733
° Brix (%)	21,8 ± 1,09	24,2 ± 1,01	0,1246
Gestação (dias)	288 ± 1,8	290 ± 1,8	0,6707

¹Médias ajustadas ± erro padrão da média. *Considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

A produção dos animais (Kg/dia) do grupo que recebeu o blend de OE foi maior em comparação ao controle a partir do dia 5, até 15 dias pós-parto. Além disso, verificamos resultado significativo para eficiência alimentar, sendo o grupo com uso de OE superior, nos dias 1, 10 e 20, conforme dias propostos para as coletas de dados (Figura 3).

Figura 3 - Produção diária de leite (Kg), consumo diário de alimentos (kg MS) e eficiência alimentar (kg/kg) de vacas submetidas aos grupos controle e tratamento nos dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 do experimento.



*Considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: elaborado pelo autor.

3.4.5 Desempenho dos bezerros nascidos, avaliação no sangue e soro

Na avaliação do desempenho dos bezerros foi verificado não haver efeito de tratamento ($P>0,05$), com exceção do peso aos 15 dias de vida, que foi maior para no grupo controle ($P=0,0232$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias ajustadas para as variáveis relacionadas a transferência de imunidade passiva (TIP) e ao peso de bezerros nascidos de vacas submetidas ao grupo controle e tratamento.

Variável	Controle ¹	Tratamento ¹	P-valor*
Peso (Kg)	$27,7 \pm 1,10$	$29,3 \pm 1,01$	0,3133
TIP (%)	$10,7 \pm 0,44$	$11,2 \pm 0,44$	0,4271
Peso 7 d ¹	$31,7 \pm 0,74$	$31,9 \pm 0,68$	0,8454
Peso 15 d ¹	$37,1 \pm 0,33$	$35,9 \pm 0,30$	0,0232
Peso 21 d ¹	$40,3 \pm 0,52$	$40,3 \pm 0,48$	0,9976
Peso 28 d ¹	$43,7 \pm 0,72$	$42,1 \pm 0,67$	0,1419

¹Médias ajustadas \pm erro padrão da média; ²modelo estatístico considerou peso ao nascimento como covariável. *Considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

A avaliação das análises bioquímicas do sangue dos bezerros é apresentada na Tabela 6. Verificamos efeito significativo ($P=0,0008$) para a albumina, sendo maior o valor do grupo com uso de OE, em relação ao grupo controle. Apesar de todos os parâmetros bioquímicos avaliados possuírem valores numéricos maiores para o grupo com uso de OE em relação ao controle, somente a albumina apresentou significância.

Tabela 6 - Médias ajustadas para as variáveis relacionadas as análises bioquímicas do sangue de bezerros nascidos de vacas submetidas aos grupos tratamento e controle.

Variáveis	Controle ¹	Tratamento ¹	P-valor*
Albumina (g/dL)	$2,21 \pm 0,153$	$2,32 \pm 0,153$	0,0008
Glicose (mg/dL)	$103,87 \pm 18,998$	$110,3 \pm 18,893$	0,3664
Proteína Total (g/dL)	$6,77 \pm 0,763$	$7,02 \pm 0,761$	0,2225
Ureia (mg/dL)	$31,88 \pm 2,330$	$34,17 \pm 2,213$	0,3804
Globulinas (g/dL)	$4,56 \pm 0,768$	$4,70 \pm 0,765$	0,4953

¹Médias ajustadas \pm erro padrão da média. *Considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Não houve diferença estatística da linhagem de células brancas (Tabela 7) entre os tratamentos para leucócitos, linfócitos e granulócitos ($P>0,05$), no entanto, a contagem de monócitos apresentou significância com maiores valores para os bezerros do grupo controle ($P=0,0165$).

Tabela 7 - Médias ajustadas para as variáveis relacionadas ao perfil de células brancas, vermelhas e plaquetas de bezerros nascidos de vacas submetidas aos grupos controle e tratamento.

Variáveis	Controle ¹	Tratamento ¹	P-valor*
Leucócitos ($10^3/\mu\text{L}$)	$10,86 \pm 1,274$	$8,55 \pm 0,924$	0,1357
Linfócitos ($10^3/\mu\text{L}$)	$3,21 \pm 1,082$	$2,72 \pm 0,875$	0,5882
Granulócitos ($10^3/\mu\text{L}$)	$5,86 \pm 0,747$	$4,68 \pm 0,719$	0,1054
Monócitos ($10^3/\mu\text{L}$)	$1,41 \pm 0,180$	$0,94 \pm 0,172$	0,0165
Hemárias ($10^6/\mu\text{L}$)	$6,05 \pm 0,291$	$6,91 \pm 0,283$	0,0048
Hemoglobina (g/dL)	$8,37 \pm 0,546$	$9,18 \pm 0,532$	0,1045
Hematócrito (%)	$25,13 \pm 2,014$	$27,33 \pm 1,982$	0,1419
VCM (fL)	$41,20 \pm 1,397$	$39,18 \pm 1,382$	0,0213
HCM (pg)	$13,80 \pm 0,343$	$13,17 \pm 0,335$	0,0526
CHCM (g/dL)	$33,63 \pm 0,822$	$33,64 \pm 0,814$	0,9718
Plaquetas ($10^3/\mu\text{L}$)	$552,08 \pm 152,390$	$583,23 \pm 151,680$	0,6135
Volume plaquetário médio (fL)	$6,38 \pm 0,251$	$6,68 \pm 0,249$	0,0525

¹Médias ajustadas \pm erro padrão da média. Volume corpuscular médio (VCM); (HCM) Hemoglobina corpuscular média; (CHCM) Concentração hemoglobina corpuscular.

*Considerada significância estatística ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

As variáveis do perfil de células vermelhas são apresentadas na Tabela 7. As medidas de hemárias e volume globular médio apresentaram significância, sendo que, a contagem de hemárias foi maior ($P=0,0048$) no grupo com uso de OE. O volume globular médio foi maior ($P=0,0213$) no grupo controle em relação ao grupo com uso de OE. Não houve diferença entre os tratamentos para hemoglobina, hematócrito, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular, plaquetas e volume plaquetário médio ($P>0,05$).

3.5 DISCUSSÃO

3.5.1 Conforto térmico e comportamento

No geral, a aspersão com o uso do óleo essencial de eucalipto e menta alterou a FR, e principalmente TS das vacas (Tabela 2). A frequência respiratória

foi significativamente menor no grupo com uso de OE nas coletas T-15 e T-60, mostrando que o uso do óleo essencial pela via externa, neste caso, a aspersão do OE causou uma sensação de conforto aos animais.

Dentre os indicadores que podem ser avaliados para verificar o estresse térmico em bovinos de leite, a FR mostra-se como um indicador que pode ser avaliado precocemente, além de ser medido de uma forma não invasiva (Yan *et al.*, 2021). Em bovinos, a FR em níveis basais gira em torno de 20 mov. min^{-1} (Thomas; Pearson, 1986), porém, o aumento da FR em níveis acima de 40 mov. min^{-1} indica animal ofegante, que busca intensificar as perdas de calor evaporativa por meio das trocas respiratórias. A FR torna-se um importante indicador para qualificar a gravidade do estresse térmico, de acordo com a frequência medida, onde classifica-se como, baixa: 40–60 mov. min^{-1} , média alta: 60–80 mov. min^{-1} , alta: 80–120 mov. min^{-1} e estresse térmico grave: acima de 150 mov. min^{-1} (Silanikove, 2000). No presente estudo, os maiores níveis identificados foram de 80–120 mov. min^{-1} , classificados como gravidade alta para estresse térmico, mostrando que o experimento foi realizado em condições de desafio térmico intenso.

Os dados coletados após a aspersão mostraram uma redução da FR observada entre 8 e 32 mov. min^{-1} , resultados semelhantes aos encontrados por (Tresoldi; Schütz; Tucker, 2018a), que foi entre 7 e 24 mov. min^{-1} . Além disso, demonstraram também que os resultados obtidos após a aspersão foram afetados pelos valores antes da aspersão, da mesma forma que o presente estudo, ou seja, a amplitude da redução da FR provocada pela aspersão foi maior quando as vacas apresentavam valores altos de FR no primeiro momento de coleta.

A TR não apresentou efeito significativo entre os grupos. Em situações de calor intenso, os animais buscam redirecionar o sangue para a periferia pela vasodilatação dos vasos sanguíneos da pele na busca de aumentar a perda de calor (Sparke *et al.*, 2001).

De acordo com Yin *et al.* (2022), os mamíferos possuem a sensação de frio por meio da queda de temperatura ou pela exposição a compostos específicos, como o mentol. Neste trabalho, medimos a temperatura superficial em cinco pontos, garupa (TSGAR), flanco (TSFLA), costela (TSCOS), pata (TSPAT) e orelha (TSORE). As medidas de TSGAR, TSFLA e TSPAT

apresentaram efeito de tratamento (Tabela 2), sugerindo a partir destes dados que mentol causou sensação térmica diferenciada a partir do contato com a superfície corporal do animal.

As vacas ajustam o seu comportamento e fisiologia para tentar lidar com períodos de calor (Tresoldi; Schütz; Tucker, 2019). Alguns trabalhos verificaram o comportamento de vacas leiteiras relacionado a diferentes tempos de aspersão e taxas de fluxo (Chen; Schütz; Tucker, 2016c; Tresoldi; Schütz; Tucker, 2019). No entanto, ao medir os efeitos combinados de taxas de fluxo e tempo de aspersão, Tresoldi et al. (2019) não encontraram mudanças no comportamento das vacas. No presente trabalho esperávamos encontrar uma maior frequência de comportamentos agonísticos por parte das vacas do grupo controle. Apesar do grupo controle ter apresentado uma razão de chance (1,718) (Tabela 3) de ocorrência para o comportamento de “Empurrar” e uma razão de chance (2,310) (Tabela 3) para o comportamento de “Perseguir”, nenhuma das variáveis comportamentais apresentou significância estatística. Neste caso, os comportamentos não foram afetados pelos tratamentos, não havendo diferença na frequência de ocorrência dos comportamentos selecionados.

Pilatti et al. (2019) verificaram que vacas estressadas por calor em instalações do tipo *compost barn*, nos períodos mais quentes do dia, aglomeram-se nas áreas com ventiladores, o que pode vir a desencadear disputas por recursos como ventilação, água e espaço. As disputas normalmente são determinadas por fatores dominantes na hierarquia social das vacas, como a idade e o peso (Pilatti et al., 2019; Šárová et al., 2013). Apesar da aspersão com OE ter afetado variáveis termorregulatórias importantes nos animais, esta alteração não foi capaz de alterar o comportamento dos animais durante o descanso.

3.5.2 Gestação, desempenho das vacas e bezerros nascidos

Nardone et al. (1997) verificaram que o colostro de vacas primíparas expostas a altas temperaturas do ar teve a sua composição afetada. Encontraram menores concentrações médias de IgG e IgA; percentagens médias mais baixas de proteína total, caseína, lactalbumina, gordura e lactose.

Entretanto, no presente estudo, não encontramos diferença entre os grupos para nenhum parâmetro avaliado ($P>0,05$), e para a quantidade de colostro produzida, o que pode indicar que, apesar do blend de OE via aspersão ter ocasionado a redução da FR e da TS das vacas, não há um efeito direto da ação sobre a produção e qualidade do colostro. Nardone et al. (1997) avaliaram os efeitos do estresse térmico sob a produção de colostro entre grupos de animais estressados e não estressados por calor, porém, utilizaram de câmaras climáticas com temperatura e umidade controladas, e não encontraram diferença entre grupos para a quantidade de colostro. No entanto, Seyed Almoosavi et al. (2021) mostraram que animais expostos ao estresse por calor (acesso à sombra, mas não para aspersores ou ventiladores) produziram menor quantidade de colostro com menor concentração de IgG, apresentando diferença significativa na produção de colostro da primeira ordenha. Os autores sugeriram que os animais respondem de maneira diferente quando retirado o efeito indireto da diminuição do consumo de alimento que sofrem quando estão sob condições de estresse térmico.

O fornecimento correto de um colostro de alta qualidade representa um componente fundamental nas explorações leiteiras (Westhoff; Borchardt; Mann, 2024). A criação de bezerros saudáveis possui evidências crescentes que reforçam a importância do colostro (Abuelo et al., 2021; Lombard et al., 2020; Sutter et al., 2023). Como avaliação para identificar colostro de alta qualidade na fazenda, os refratômetros °Brix se apresentam como uma ferramenta adequada e rápida (Quigley et al., 2013; Westhoff; Borchardt; Mann, 2024). No presente estudo, verificamos uma diferença de 2,4% no valor de °Brix entre os grupos, sendo o valor maior encontrado no grupo tratado com óleo essencial na água de aspersão. No entanto, não houve diferença significativa ($P=0,1246$). As referências utilizadas para classificar o colostro como de alta qualidade (>50 mg/mL IgG) a partir do % brix, apresentam divergências entre os pontos de corte, sendo 18% (Morrill et al., 2012), 21% (Quigley et al., 2013) e, até 22% (Bielmann et al., 2010). Apesar do valor de °Brix (%) médio do colostro das vacas do grupo controle (21.8 ± 1.09) ter se enquadrado como de alta qualidade para a faixa de °Brix que assumimos (21%), o valor obtido poderia não ter sido considerado como de qualidade de acordo com Bielmann et al. (2010).

Vacas estressadas por calor possuem uma gestação menor quando comparadas com animais não estressados (Seyed Almoosavi *et al.*, 2021; Tao *et al.*, 2011, 2012a; Thompson *et al.*, 2014). No presente trabalho não identificamos efeito do tratamento sobre os dias de gestação ($P=0,6707$). Além disso, o peso ao nascer de bezerros provenientes de mães estressadas por calor também sofre interferência, resultando em bezerros mais leves no nascimento (do Amaral *et al.*, 2009, 2011; Tao *et al.*, 2011, 2012b). No entanto, não verificamos efeito do tratamento sobre o peso ao nascer dos bezerros ($P=0,3133$), sendo uma média de $27,7 \pm 1,10$ Kg para o grupo controle e $29,3 \pm 1,01$ Kg para o grupo com uso de OE. O peso dos bezerros foi acompanhado semanalmente até os 28 dias de vida, e somente o peso aos 15 dias de vida ($P=0,0232$) apontou diferença entre os grupos, sendo maior para o controle. Nos demais dias de avaliação, o peso foi semelhante entre os grupos, e neste sentido entendemos que este efeito se diluiu ao longo dos dias de vida do animal e que não deve ser considerado quanto a uma alteração de desempenho dos animais.

Avaliamos a transferência de imunidade passiva (TIP) com o uso de refratômetro brix. O fornecimento adequado de colostro ao bezerro logo após o nascimento é crucial para a imunidade passiva e sua saúde futura (Cuttance *et al.*, 2018; Lombard *et al.*, 2020; Lora *et al.*, 2018; Sutter *et al.*, 2023). Os grupos apresentaram uma TIP em brix (%) de $10,7 \pm 0,44$ para o controle e $11,2 \pm 0,44$ para o tratamento ($P=0,4271$), sem efeito significativo, categorizando os dois grupos com uma TIP excelente, de acordo com (Lombard *et al.*, 2020), que propôs a classificação de TIP excelente ($\geq 9,4\%$ brix), boa (8,9–9,3% brix), regular (8,1–8,8% brix) ou fraca ($>8,1\%$ brix).

As células brancas (leucócitos) são fundamentais na resposta imune dos animais e o seu perfil apresenta informações essenciais para o diagnóstico e evolução de doenças (Valle; Contreras, 2021). Os leucócitos são subdivididos em diferentes subpopulações: neutrófilos, eosinófilos e basófilos, granulócitos, monócitos e linfócitos (Roland; Drillich; Iwersen, 2014). Dentre o perfil de células brancas verificamos uma diferença significativa para os monócitos ($P=0,0165$), com maiores valores para o grupo controle, que pode ser explicado pelo fato de que o total de leucócitos também foi menor para o grupo com uso de OE. No

entanto, o número de monócitos é variável em bovinos, não sendo um bom indicador para doenças (Jones; Allison, 2007).

As hemácias, também conhecidas como eritrócitos ou glóbulos vermelhos, na maioria das espécies de ruminantes domésticos, possuem formato discoide (Valle; Contreras, 2021), em bovinos, possuem um diâmetro médio de 5 a 6 μm , sendo considerado pequeno quando comparado a outras espécies. Os eritrócitos têm como principal função o transporte de oxigênio, ligado a hemoglobina (Roland; Drillich; Iwersen, 2014). Alguns trabalhos mostram que bezerros de vacas estressadas por calor tendem a apresentar um hematócrito menor do que bezerros de vacas resfriadas (Guo *et al.*, 2016; Tao *et al.*, 2012b), os autores relataram que esse fenômeno pode estar relacionado ao efeito da hipoxia fetal devido a difusão prejudicada de oxigênio causada pelo estresse térmico das mães (Guo *et al.*, 2016; Regnault *et al.*, 2007; Tao *et al.*, 2012b). No presente trabalho não encontramos efeito significativo para o hematócrito ($P=0,1419$).

Após o nascimento, os bezerros apresentam uma diminuição gradual nos níveis de hemoglobina, HCM e CHCM durante o primeiro mês e voltam a aumentar durante os três primeiros meses de vida (Mohri; Sharifi; Eidi, 2007). Além disso, bezerros jovens podem apresentar contagens de eritrócitos mais altas e um VCM e CHCM menores do que em adultos (Brun-Hansen; Kampen; Lund, 2006; Jones; Allison, 2007). O grupo com uso de OE apresentou maiores valores de hemácias ($P=0,0048$), com isso, levando a um VCM também significativamente menor ($P=0,0213$). Os valores para hemoglobina e HCM estão abaixo dos níveis de referência (Birgel Junior *et al.*, 2001; George; Snipes; Lane, 2010).

As plaquetas desempenham uma função essencial na manutenção da homeostasia, responsável por interromper temporariamente o sangramento até que ocorra a estabilização do coágulo, sendo estruturas citoplasmáticas anucleares derivadas dos megacariócitos na medula óssea (Roland; Drillich; Iwersen, 2014; Valle; Contreras, 2021). No presente trabalho não houve diferença entre os tratamentos para plaquetas e volume plaquetário médio, além disso, ambos estão dentro do intervalo de referência citado por (George; Snipes; Lane, 2010).

Dentre as proteínas plasmáticas totais, a albumina é a mais abundante, totalizando cerca de 50% do total das proteínas. Além da albumina, as globulinas completam a composição das proteínas plasmáticas totais, podendo ser encontrado o valor das globulinas pela diferença entre a proteína total e a albumina (Kessell, 2015). Sendo sintetizada no fígado, a albumina possui funções importantes na osmolaridade do plasma, regulação do pH sanguíneo, bem como no transporte de substâncias (González; Silva, 2008). Dados de (Tao *et al.*, 2012a), mostraram que bezerras de vacas estressadas por calor durante o período seco apresentaram menores níveis de proteínas plasmáticas totais além de diminuírem desde o nascimento até os 28 dias de idade em comparação com as de vacas resfriadas, no entanto, o estresse térmico durante o período seco não afetou o conteúdo de IgG colostral, mas afetou a concentração total de IgG no soro, indicando um comprometimento na transferência imunológica passiva dos bezerros de mães estressadas por calor devido a uma capacidade prejudicada de absorção de IgG no intestino. Os dados na Tabela 6 apresentam uma diferença significativa entre os grupos para os valores de albumina ($P=0,0008$) com menores valores para o grupo controle (2.21 ± 0.153 vs. 2.32 ± 0.153) podendo estar relacionado com os menores valores médios de brix ($21.8 \pm 1.09\%$) e TIP ($10.7 \pm 0.44\%$) do grupo controle, além da influência na capacidade de absorção de IgG no intestino citada por (Tao *et al.*, 2012b).

Dentre os fatores ligados as perdas de produção de leite relacionadas com o calor, estudos demonstraram que cerca de 35 a 50% é somente devido a redução do consumo de matéria seca (Rhoads *et al.*, 2009; Wheelock *et al.*, 2010). No presente trabalho, verificamos uma diferença significativa na produção de leite com valores maiores para o grupo com uso de OE nos dias 5, 10 e 15 pós-parto. Os valores de consumo diário de alimentos não diferiram ($P>0,05$). Por outro lado, nos dias 1, 10 e 20 de verificação, os animais do grupo tratado com OE apresentaram maior eficiência alimentar quando comparados ao controle ($P>0,05$). Reza-Yazdi *et al.* (2014) verificaram que um blend de óleos essenciais que continha hortelã-pimenta fornecido via alimentação foi eficiente em aliviar a diminuição da produção de leite e do consumo de matéria seca quando comparado ao grupo controle (sem uso do blend).

3.6 CONCLUSÃO

As respostas termorregulatórias de vacas em período de transição submetidas a aspersão contendo óleo essencial de menta e eucalipto foram alteradas, indicando melhoria do conforto térmico, que foi evidenciado pela redução da frequência respiratória e temperatura superficial. O comportamento, produção e características do colostro das vacas, bem como desempenho dos bezerros nascidos, não foram afetados. O grupo tratado apresentou maior produção de leite e eficiência alimentar, mostrando que o blend de OE pode ser uma opção para amenizar a diminuição da produção de leite e eficiência alimentar de vacas leiteiras em lactação expostas ao calor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de óleo essencial de eucalipto e menta via água de aspersão traz consigo oportunidades para estudos que verifiquem o seu uso em diferentes variações de frequência, taxa de fluxo e tempo de aspersão sabendo que o óleo essencial de eucalipto e menta altera as respostas de regulação de temperatura corporal nas vacas leiteiras. Além disso, pode ser uma alternativa para amenizar a diminuição da produção de leite e eficiência alimentar de vacas leiteiras em lactação durante a exposição ao calor.

REFERÊNCIAS

- ABEYTA, M. A. *et al.* Effects of dietary antioxidant supplementation on metabolism and inflammatory biomarkers in heat-stressed dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 106, n. 2, p. 1441–1452, 2023.
- ABUELO, A. *et al.* Impact of 2 versus 1 colostrum meals on failure of transfer of passive immunity, pre-weaning morbidity and mortality, and performance of dairy calves in a large dairy herd. **Animals**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 1–12, 2021.
- ABULAITI, A. *et al.* Effect of capsaicin supplementation on lactational and reproductive performance of Holstein cows during summer. **Animal Production Science**, [s. l.], v. 61, n. 13, p. 1321–1328, 2021.
- ALALI, W. Q. *et al.* Effect of essential oil compound on shedding and colonization of *Salmonella enterica* serovar Heidelberg in broilers. **Poultry Science**, [s. l.], v. 92, n. 3, p. 836–841, 2013.
- AL-SUWAIEGH, S. B. *et al.* Effect of an essential oil blend on dairy cow performance during treatment and post-treatment periods. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 21, p. 1–16, 2020.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, E. *et al.* Lucratividade da agricultura. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 21, p. 45–63, 2012. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/96/70>. Acesso em: 4 maio 2024.
- AMAT, S. *et al.* Essential oils inhibit the bovine respiratory pathogens *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida* and *Histophilus somni* and have limited effects on commensal bacteria and turbinate cells in vitro. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 126, n. 6, p. 1668–1682, 2019.
- ANANDA BASKARAN, S. *et al.* Antibacterial effect of plant-derived antimicrobials on major bacterial mastitis pathogens in vitro. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 92, n. 4, p. 1423–1429, 2009.
- AVENDAÑO-REYES, L. *et al.* Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. **Livestock Science**, [s. l.], v. 105, n. 1–3, p. 198–206, 2006.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BÁNKUTI, F. I.; CALDAS, M. M. Geographical milk redistribution in Paraná State, Brazil: Consequences of institutional and market changes. **Journal of Rural Studies**, [s. l.], v. 64, p. 63–72, 2018.

BASIRICÒ, L. *et al.* Gene expression and protein secretion of apolipoprotein B100 (ApoB100) in transition dairy cows under hot or thermoneutral environments. **Italian Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 8, n. SUPPL. 2, p. 592–594, 2009.

BECKER, C. A.; COLLIER, R. J.; STONE, A. E. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 103, n. 8, p. 6751–6770, 2020.

BERNABUCCI, U. *et al.* The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 97, n. 1, p. 471–486, 2014.

BIELMANN, V. *et al.* An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 93, n. 8, p. 3713–3721, 2010.

BIRGEL JUNIOR, E. H. *et al.* Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 53, 2001.

BRAUN, H. S. *et al.* Dietary supplementation of essential oils in dairy cows: Evidence for stimulatory effects on nutrient absorption. **Animal**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 518–523, 2019.

BRODY, S. Climatic Physiology of Cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 39, n. 6, p. 715–725, 1956.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Domestic animal behaviour and welfare**. 4th edition. Wallingford, UK.: CABI Publishing, 2007. v. 4

BROUK, M. J.; SMITH, J. F.; HARNER, J. P. EFFECT OF SPRINKLING FREQUENCY AND AIRFLOW ON RESPIRATION RATE, BODY SURFACE TEMPERATURE AND BODY TEMPERATURE OF HEAT STRESSED DAIRY CATTLE. In: , 2003, St. Joseph, MI. Pp. 263-268 in **Fifth International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January 2003 Conference (Fort Worth, Texas USA)**. St. Joseph, MI: ASABE, 2003. p. 263–268. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=11630&t=1>.

BRUN-HANSEN, H. C.; KAMPEN, A. H.; LUND, A. Hematologic values in calves during the first 6 months of life. **Veterinary Clinical Pathology**, [s. l.], p. 182–187, 2006.

BUFFINGTON, D. E. *et al.* Black Globe-Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, MI, v. 24, n. 3, p. 711–714, 1981. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=34325&t=3>.

CARRA, S. H. Z. *et al.* Water productivity of milk produced in three different dairy production systems in Southern Brazil. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 844, 2022.

CHEN, Z. *et al.* Acaricidal activity of plant-derived essential oil components against *Psoroptes ovis* in vitro and in vivo. **Parasites and Vectors**, [s. l.], v. 12, n. 1, 2019.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with water spray: Behavioral, physiological, and production responses to sprinklers at the feed bunk. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 99, n. 6, p. 4607–4618, 2016a.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with water spray: Behavioral, physiological, and production responses to sprinklers at the feed bunk. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 99, n. 6, p. 4607–4618, 2016b.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Sprinkler flow rate affects dairy cattle avoidance of spray to the head, but not overall, in an aversion race. **Applied Animal Behaviour Science**, [s. l.], v. 179, p. 23–31, 2016c.

COLLIER, R. J. *et al.* Effects of Heat Stress during Pregnancy on Maternal Hormone Concentrations, Calf Birth Weight and Postpartum Milk Yield of Holstein Cows. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 309–319, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas1982.542309x>.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 89, n. 4, p. 1244–1253, 2006.

COSTA, D. C. *et al.* Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 336–354, 2015.

CUNHA, M. G. *et al.* Inclusion of pepper extract containing capsaicin in the diet of ewes in the mid-lactation period: effects on health, milk production, and quality. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 11, p. e46791110020, 2020.

CUTTANCE, E. L. *et al.* The relationship between failure of passive transfer and mortality, farmer-recorded animal health events and body weights of calves from birth until 12 months of age on pasture-based, seasonal calving dairy farms in New Zealand. **Veterinary Journal**, [s. l.], v. 236, p. 4–11, 2018.

DA SILVA, R. B. *et al.* A blend of essential oils improved feed efficiency and affected ruminal and systemic variables of dairy cows. **Translational Animal Science**, [s. l.], v. 4, p. 182–193, 2019. Disponível em: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:213418202>.

- DAHL, G. E.; TAO, S.; LAPORTA, J. Triennial lactation symposium/bolfa: Late gestation heat stress of dairy cattle programs dam and daughter milk production. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 95, n. 12, p. 5701–5710, 2017.
- DAHL, G. E.; TAO, S.; MONTEIRO, A. P. A. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 99, n. 4, p. 3193–3198, 2016.
- DAL SANTO, A. *et al.* Avaliação da utilização de óleos essenciais de canela, orégano e eucalipto via água de bebida para frangos de corte. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. e11210817007, 2021.
- DAS, B. *et al.* Comparative study on performance of high volume low speed (HVLS) fans with high-speed fans for the use in dairy barns. *In:* **Materials Today: Proceedings**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2021. p. 4606–4610.
- DEELEN, S. M. *et al.* Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 97, n. 6, p. 3838–3844, 2014.
- DIKMEN, S. *et al.* Effectiveness of tunnel ventilation as dairy cow housing in hot climates: rectal temperatures during heat stress and seasonal variation in milk yield. **Tropical Animal Health and Production**, [s. l.], v. 52, n. 5, p. 2687–2693, 2020.
- DO AMARAL, B. C. *et al.* Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 86–96, 2011.
- DO AMARAL, B. C. *et al.* Heat stress abatement during the dry period influences prolactin signaling in lymphocytes. **Domestic Animal Endocrinology**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 38–45, 2010.
- DO AMARAL, B. C. *et al.* Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition into lactation?. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 92, n. 12, p. 5988–5999, 2009.
- DURMIC, Z.; BLACHE, D. Bioactive plants and plant products: Effects on animal function, health and welfare. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], v. 176, n. 1–4, p. 150–162, 2012.
- EBANI, V. V. *et al.* Antimicrobial activity of essential oils against staphylococcus and malassezia strains isolated from canine dermatitis. **Microorganisms**, [s. l.], v. 8, n. 2, 2020.

EPAGRI/CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2022-2023****Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina.** Florianópolis: [s. n.], 2024. Disponível em: www.epagri.sc.gov.br.

FAO AND GPD. **Climate change and the global dairy cattle sector – The role of the dairy sector in a low-carbon future.** Roma: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca2929en>. Acesso em: 7 jun. 2024.

FERNANDES, C. O. M.; VALOIS, C. M. de. **Do pasto ao leite: uma atividade rentável e sustentável.** Florianópolis: [s. n.], 2021. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1299/1141>. Acesso em: 11 maio 2024.

FLAMENBAUM, I.; GALON, N. Management of Heat Stress to Improve Fertility in Dairy Cows in Israel. **Journal of Reproduction and Development.** [S. l.: s. n.], 2010.

FOURNEL, S.; OUELLET, V.; CHARBONNEAU, É. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A literature review. **Animals**, [s. l.], v. 7, n. 5, 2017.

GEORGE, J. W.; SNIPES, J.; LANE, V. M. Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006. **Veterinary Clinical Pathology**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 138–148, 2010.

GIANNONE, C. *et al.* Review of the Heat Stress-Induced Responses in Dairy Cattle. **Animals**, [s. l.], v. 13, n. 22, 2023.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Patologia clínica veterinária: texto introdutório.** Porto Alegre: [s. n.], 2008. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2022/07/Analises_Clinicas_Vet.pdf. Acesso em: 14 jul. 2024.

GUO, Y. *et al.* Plant Extracts to Alleviating Heat Stress in Dairy Cows. **Animals**, [s. l.], v. 13, n. 18, 2023.

GUO, J. R. *et al.* Short communication: Effect of maternal heat stress in late gestation on blood hormones and metabolites of newborn calves. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 99, n. 8, p. 6804–6807, 2016.

HALL, David M *et al.* Splanchnic tissues undergo hypoxic stress during whole body hyperthermia. **Am J Physiol.**, [s. l.], v. 276, p. 1195–1203, 1999. Disponível em: www.physiology.org/journal/ajpgi.

HANSEN, P. J. Antecedents of mammalian fertility: Lessons from the heat-stressed cow regarding the importance of oocyte competence for fertilization and embryonic development. **Animal Frontiers**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 34–39, 2013.

HEINKE, J. *et al.* Water Use in Global Livestock Production—Opportunities and Constraints for Increasing Water Productivity. **Water Resources Research**, [s. l.], v. 56, n. 12, 2020.

HERBUT, P. *et al.* The Physiological and Productivity Effects of Heat Stress in Cattle-A Review. **Annals of Animal Science**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 579–593, 2019.

HILLMAN, P. E. *et al.* Evaporative and Convective Cooling of Cows in a Hot and Humid Environment. In **Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium**, [s. l.], 2001. p. 343–350.

IBGE, I. B. de G. e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2022**. [s. l.], 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2022_v50_br_info_rmativo.pdf. Acesso em: 16 maio 2024.

IGONO, M. O. *et al.* Physiological, Productive, and Economic Benefits of Shade, Spray, and Fan System Versus Shade for Holstein Cows During Summer Heat. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 70, n. 5, p. 1069–1079, 1987.

IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Geneva, Switzerland: [s. n.], 2023.

JOCHIMS, F.; DORIGON, C.; PORTES, V. M. O leite para o Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, [s. l.], v. 29, p. 18–21, 2016.

JOCHIMS, F.; SILVA, A. W. L. da. Adoção de tecnologias e práticas produtivas em propriedades leiteiras atendidas pela Epagri na macrorregião Oeste de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, [s. l.], v. 32, p. 16–18, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/435/359>. Acesso em: 11 maio 2024.

JONES, M. L.; ALLISON, R. W. Evaluation of the Ruminant Complete Blood Cell Count. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 377–402, 2007.

KADZERE, C. T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**. [s. l.: s. n.], 2002. Disponível em: www.elsevier.com/locate/livprodsci .

KARIMI, M. T. *et al.* Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 98, n. 10, p. 6865–6875, 2015.

KELLY, C. F.; BOND, T. E. Bioclimatic factors and their measurement. *In: NRC (org.). A Guide to Environmental Research on Animals.* NRCed. Washington, DC.: National Academies Press, 1971. p. 7–92.

KESSELL, A. **Bovine Haematology and Biochemistry.** *In: BOVINE MEDICINE.* [S. I.: s. n.], 2015. p. 146–160. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118948538.ch16>.

LAPORTA, J. *et al.* Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. **Journal of Dairy Science**, [s. I.], v. 103, n. 8, p. 7555–7568, 2020.

LOMBARD, J. *et al.* Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. **Journal of Dairy Science**, [s. I.], v. 103, n. 8, p. 7611–7624, 2020.

LORA, I. *et al.* Association between passive immunity and health status of dairy calves under 30 days of age. **Preventive Veterinary Medicine**, [s. I.], v. 152, p. 12–15, 2018.

MANICA, E. *et al.* Changes in the pattern of heat waves and the impacts on Holstein cows in a subtropical region. **International Journal of Biometeorology**, [s. I.], v. 66, n. 12, p. 2477–2488, 2022.

MAPA, M. da A. e Pecuária. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP).** [S. I.], 2023.

MARTELLO, L. S. *et al.* Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal of Biometeorology**, [s. I.], v. 54, n. 6, p. 647–652, 2010.

MARUMO, J. L. *et al.* Behavioural variability, physical activity, rumination time, and milk characteristics of dairy cattle in response to regrouping. **Animal**, [s. I.], v. 18, n. 3, 2024.

MASOTTI, V. *et al.* Seasonal and Phenological Variations of the Essential Oil from the Narrow Endemic Species *Artemisia molinieri* and Its Biological Activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. I.], v. 51, n. 24, p. 7115–7121, 2003.

MCCARTY, M. F.; DINICOLANTONIO, J. J.; O'KEEFE, J. H. Capsaicin may have important potential for promoting vascular and metabolic health. **Open Heart**, [s. I.], p. 1–7, 2015. Disponível em: <http://openheart.bmj.com/>.

MOHRI, M.; SHARIFI, K.; EIDI, S. Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves: Age related changes and comparison with blood composition in adults. **Research in Veterinary Science**, [s. I.], v. 83, n. 1, p. 30–39, 2007.

MOLEFE, N. I. *et al.* In vitro anthelmintic effects of *Artemisia afra* and *Mentha longifolia* against parasitic gastro-intestinal nematodes of livestock.

Bangladesh Journal of Pharmacology, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 157–163, 2012.

MONTANHOLI, Y. R. *et al.* Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, [s. l.], v. 33, n. 8, p. 468–475, 2008.

MONTEIRO, A. P. A. *et al.* Effect of maternal heat stress during the dry period on growth and metabolism of calves. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 99, n. 5, p. 3896–3907, 2016.

MORRILL, K. M. *et al.* Estimate of colostral immunoglobulin G concentration using refractometry without or with caprylic acid fractionation. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 95, n. 7, p. 3987–3996, 2012.

MORRISON, S. R.; PROKOP, M.; LOFGREEN, G. P. Sprinkling Cattle for Heat Stress Relief: Activation Temperature, Duration of Sprinkling and Pen Area Sprinkled. **Transactions of the ASAE**, [s. l.], v. 24, p. 1299–1300, 1981.

NARDONE, A. *et al.* Composition of Colostrum from Dairy Heifers Exposed to High Air Temperatures during Late Pregnancy and the Early Postpartum Period. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 80, n. 5, p. 838–844, 1997.

OECD; FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031**. Paris: OECD, 2022. (OECD-FAO Agricultural Outlook). Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2022-2031_f1b0b29c-en. Acesso em: 7 jun. 2024.

OLIVEIRA, C. E. A. *et al.* Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, [s. l.], v. 12, n. 16, 2022.

OMINSKI, K. H. *et al.* Physiological and Production Responses to Feeding Schedule in Lactating Dairy Cows Exposed to Short-Term, Moderate Heat Stress. **J. Dairy Sci**, [s. l.], v. 85, p. 730–737, 2002.

ORNAGHI, M. G. *et al.* Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], v. 234, p. 274–283, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117307915>.

OUELLET, V.; LAPORTA, J.; DAHL, G. E. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects on dam and daughter. **Theriogenology**, [s. l.], v. 150, p. 471–479, 2020.

PERETTI, S. *et al.* Thermoregulation and Performance of Dairy Cows Subjected to Different Evaporative Cooling Regimens, with or without Pepper Extract Supplementation. **Animals**, [s. l.], v. 12, n. 22, 2022.

PETROLI, T. G. *et al.* Eucalyptus oil to mitigate heat stress in broilers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 48, n. 1, 2019.

PILATTI, J. A. *et al.* Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 399–406, 2019.

PINTO, S. *et al.* Effect of Two Cooling Frequencies on Respiration Rate in Lactating Dairy Cows under Hot and Humid Climate Conditions. **Annals of Animal Science**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 821–834, 2019.

PIZZIO, A. *et al.* IMPACTOS DA PANDEMIA DA COVID-19 SOBRE A PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL / IMPACTS OF THE COVID-19 PANDEMIC ON DAIRY LIVESTOCK IN BRAZIL. **Informe GEPEC**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 337–362, 2023.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017a.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017b.

PURWANTO, B. P. *et al.* Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 114, p. 139–142, 1990.

QUIGLEY, J. D. *et al.* Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 96, n. 2, p. 1148–1155, 2013.

REGNAULT, T. R. H. *et al.* Development and Mechanisms of Fetal Hypoxia in Severe Fetal Growth Restriction. **Placenta**, [s. l.], v. 28, n. 7, p. 714–723, 2007.

REZA-YAZDI, K. *et al.* Effects of Specific Essential Oil Compounds on, Feed Intake, Milk Production, and Ruminal Environment in Dairy Cows during Heat Exposure. **World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Animal and Veterinary Sciences**, [s. l.], v. 8, p. 1394–1397, 2014.

RHOADS, M. L. *et al.* Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 92, n. 5, p. 1986–1997, 2009.

RODRÍGUEZ-PRADO, M. *et al.* Effects of dietary addition of capsicum extract on intake, water consumption, and rumen fermentation of fattening heifers fed a high-concentrate diet. **J Anim Sci.**, [s. l.], v. 90, p. 1879–1884, 2012.

RODRÍGUEZ-PRADO M *et al.* Effects of dietary addition of capsicum extract on intake, water consumption, and rumen fermentation of fattening heifers fed a high-concentrate diet. **J Anim Sci.**, [s. l.], v. 90, p. 1879–1884, 2012.

ROLAND, L.; DRILLICH, M.; IWERSEN, M. Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, [s. l.], v. 26, n. 5, p. 592–598, 2014.

ROTH, Z. Cooling is the predominant strategy to alleviate the effects of heat stress on dairy cows. **Reproduction in Domestic Animals**, [s. l.], v. 57, n. S1, p. 16–22, 2022.

SANTANA, M. L. *et al.* Random regression models to account for the effect of genotype by environment interaction due to heat stress on the milk yield of Holstein cows under tropical conditions. **Journal of Applied Genetics**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 119–127, 2016.

ŠÁROVÁ, R. *et al.* Pay respect to the elders: Age, more than body mass, determines dominance in female beef cattle. **Animal Behaviour**, [s. l.], v. 86, n. 6, p. 1315–1323, 2013.

SAS. **SAS OnDemand for Academics**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://odamid.oda.sas.com/SASStudio/>..

SCHÜTZ, K. E. *et al.* The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 125–133, 2010.

SEYED ALMOOSAVI, S. M. M. *et al.* Effects of late-gestation heat stress independent of reduced feed intake on colostrum, metabolism at calving, and milk yield in early lactation of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 104, n. 2, p. 1744–1758, 2021.

SEYED. ALMOOSAVI, S. M. M. *et al.* Long-term impacts of late-gestation maternal heat stress on growth performance, blood hormones and metabolites of newborn calves independent of maternal reduced feed intake. **Domestic Animal Endocrinology**, [s. l.], v. 72, 2020.

SHARMA, S. K.; VIJ, A. S.; SHARMA, M. Mechanisms and clinical uses of capsaicin. **European Journal of Pharmacology**, [s. l.], v. 720, n. 1–3, p. 55–62, 2013.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, [s. l.], v. 67, n. 1–2, p. 1–18, 2000. Disponível em: www.elsevier.com/locate/livprodsci.

SILVA, R. G.; ARANTES-NETO, J. G.; HELTZ-FILHO, S. V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of jersey cattle. **Braz J Genet**, [s. l.], v. 11, p. 335–347, 1988.

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**, [s. l.], v. 36, n. 1806–9290, p. 1192–1198, 2007. Disponível em: www.sbz.org.br.

SINHORIN, A. L. *et al.* ÓLEO ESSENCIAL NA DIETA DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 147–151, 2018.

SOUZA, G. H. B. de; MELLO, J. C. P. de; LOPES, N. P. **Farmacognosia: coletânea científica**. Editora UFOPed. Ouro Preto: Editora UFOP, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/4545>. Acesso em: 22 maio 2024.

SPARKE, E. J. *et al.* **Heat load in feedlot cattle**. Sydney: Meat and Livestock Australia, 2001.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 86, n. SUPPL. 1, 2003a.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries1. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 86, n. SUPPL. 1, 2003b.

STRICKLAND, J. T. *et al.* Sprinkler and Fan Cooling System for Dairy Cows in Hot, Humid Climates. **American Society of Agricultural Engineers**, [s. l.], v. 5, n. 0883–8542, p. 231–236, 1989.

STULL, C. L. *et al.* Precipitation and temperature effects on mortality and lactation parameters of dairy cattle in California. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 91, n. 12, p. 4579–4591, 2008.

SUTTER, F. *et al.* Association between transfer of passive immunity, health, and performance of female dairy calves from birth to weaning. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 106, n. 10, p. 7043–7055, 2023.

TAO, S. *et al.* Effect of cooling heat-stressed dairy cows during the dry period on insulin response. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 95, n. 9, p. 5035–5046, 2012a.

TAO, S. *et al.* Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 94, n. 12, p. 5976–5986, 2011.

- TAO, S. *et al.* Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 95, n. 12, p. 7128–7136, 2012b.
- TAO, S. *et al.* Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function1. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 101, n. 6, p. 5642–5654, 2018.
- TAO, S.; DAHL, G. E. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 96, n. 7, p. 4079–4093, 2013.
- THOMAS, C. K.; PEARSON, R. A. Effects of ambient temperature and head cooling on energy expenditure, food intake and heat tolerance of Brahman and Brahman x Friesian cattle working on treadmills. **Animal Production**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 83–90, 1986.
- THOMPSON, I. M. T. *et al.* Effect of cooling during the dry period on immune response after *Streptococcus uberis* intramammary infection challenge of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 97, n. 12, p. 7426–7436, 2014.
- THOMPSON, A.; BOLAND, M.; SINGH, H. **Milk Proteins: From Expression to Food. In: FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY INTERNATIONAL SERIES.** New Zealand: [s. n.], 2009. p. 321–340.
- THORNTON, P. *et al.* Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. **Articles Lancet Planet Health**, [s. l.], v. 6, p. 192–201, 2022. Disponível em: www.thelancet.com/.
- TOMANIĆ, D. *et al.* Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of two different essential oils against mastitis associated pathogens. **Acta Veterinaria**, [s. l.], v. 72, n. 1, p. 45–58, 2022.
- TONET, R. M. *et al.* Typology of Brazilian dairy farms based on vulnerability characteristics. **Animal - Open Space**, [s. l.], v. 2, p. 100040, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772694023000043>.
- TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers: Effects of soaker flow rate and timing on behavioral and physiological responses to heat load and production. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 102, n. 1, p. 528–538, 2019.
- TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers: Spray duration affects physiological responses to heat load. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 101, n. 5, p. 4412–4423, 2018a.

TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers: Timing strategy affects physiological responses to heat load. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 101, n. 12, p. 11237–11246, 2018b.

TREVIZANI, A. C. ; *et al.* Avaliação dos Métodos de Extração Aplicados ao Bagaço de Laranja Evaluation of Extraction Methods Applied to Orange Bagasse. **Rev. Virtual Quim**, [s. l.], v. 11, n. 3, 2019. Disponível em: <http://rvq.sbz.org.br>.

TURNER, L. W. *et al.* Reducing Heat Stress in Dairy Cows Through Sprinkler and Fan Cooling. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, MI, v. 8, n. 2, p. 251–256, 1992. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=26061&t=3>.

VALLE, S. de F.; CONTRERAS, L. V. Q. Hematologia e alterações hematológicas em ruminantes domésticos. **Revista Brasileira de Buiatária - RBB**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 59–81, 2021.

VILELA, D. *et al.* A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 26, p. 5–24, 2017. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1243>. Acesso em: 4 maio 2024.

WANG, B. *et al.* Effects of eucalyptus oil and anise oil supplementation on rumen fermentation characteristics, methane emission, and digestibility in sheep. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 96, n. 8, p. 3460–3470, 2018.

WANG, M. L. *et al.* Influence of grape seed proanthocyanidin extract in broiler chickens: Effect on chicken coccidiosis and antioxidant status. **Poultry Science**, [s. l.], v. 87, n. 11, p. 2273–2280, 2008.

WELLS, C. W. Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: A comprehensive review. **Animal Nutrition**, [s. l.], v. 16, p. 1–10, 2024.

WEST, J. W. *et al.* Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 82, n. 11, p. 2455–2465, 1999.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 86, n. 6, p. 2131–2144, 2003.

WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. **J. Dairy Sci**, [s. l.], v. 86, p. 232–242, 2003.

WESTHOFF, T. A.; BORCHARDT, S.; MANN, S. INVITED REVIEW: Nutritional and management factors that influence colostrum production and composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], 2024.

- WHEELOCK, J. B. *et al.* Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.
- WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics - Simulation and Computation**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 1079–1106, 1993.
- WORLEY, J. W.; BERNARD, J. K. Cooling Effectiveness of High-Volume Low-Speed Fans Versus Conventional Fans in a Free-Stall Dairy Barn in Hot, Humid Conditions¹¹Mention of a trade name does not imply an endorsement. **The Professional Animal Scientist**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 23–28, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1080744615308056>.
- YAN, G. *et al.* The effects of cow-related factors on rectal temperature, respiration rate, and temperature-humidity index thresholds for lactating cows exposed to heat stress. **Journal of Thermal Biology**, [s. l.], v. 100, 2021.
- YIN, Y. *et al.* Activation mechanism of the mouse cold-sensing TRPM8 channel by cooling agonist and PIP2. **Science**, [s. l.], v. 378, n. 6616, 2022.
- YOUN, H. J.; NOH, J. W. Screening of the anticoccidial effects of herb extracts against *Eimeria tenella*. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], v. 96, p. 257–263, 2001.
- YOUSEF, M. K. **Stress Physiology in Livestock**. Florida: CRC Press, 1985. v. 1
- ZHOU, M. *et al.* Evaporative water loss from dairy cows in climate-controlled respiration chambers. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 106, n. 3, p. 2035–2043, 2023.

ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

Universidade do Estado de Santa Catarina

*Comissão de Ética no
Uso de Animais*

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Comportamento e conforto térmico de vacas submetidas à sala de resfriamento, com aspersão contendo ou não óleos essenciais", protocolada sob o CEUA nº 5160131223 (ID 001876), sob a responsabilidade de **Maria Luisa Appendino Nunes Zotti** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 20/12/2023.

We certify that the proposal "Behavior and thermal comfort of cows submitted to the cooling room, with spraying containing or not essential oils", utilizing 28 Bovines (males and females), protocol number CEUA 5160131223 (ID 001876), under the responsibility of **Maria Luisa Appendino Nunes Zotti** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 12/20/2023.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de 12/2023 a 06/2024 Área: Zootecnia

Origem: Animais provenientes de outros projetos

Espécie: Bovinos sexo: Fêmeas

Linhagem: Jersey

idade: 2 a 3 anos

Quantidade: 14

Peso: 250 a 400 kg

Origem: Fazenda experimental do Centro de Educação Superior do Oeste FECEO

Espécie: Bovinos sexo: Machos e Fêmeas idade: 0 a 10 dias

Linhagem: Jersey

Quantidade: 14

Peso: 25 a 32 kg

Lages, 20 de dezembro de 2023

José Cristani

José Cristani
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Pedro Volkmer de Castilhos

Pedro Volkmer de Castilhos
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

