UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

GABRIEL LUCAS CURTIÇO LEMES

*Características de termorregulação de bovinos Nelore confinados
utilizando dietas com óleos essenciais e submetidos ao estresse por
transporte*

Pirassununga
2020

GABRIEL LUCAS CURTIÇO LEMES

*Características de termorregulação de bovinos Nelore confinados
utilizando dietas com óleos essenciais e submetidos ao estresse por
transporte*

Dissertação apresentada à Faculdade
de Zootecnia e Engenharia de
Alimentos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
a obtenção do Título de Mestre em
Ciências.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientadora: Profa. Dra. Luciane Silva
Martello

Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Silva
Goulart

Pirassununga

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP, com
os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L552c Lemes, Gabriel Lucas Curtiço
Características de termorregulação de bovinos
Nelore confinados utilizando dietas com óleos
essenciais e submetidos ao estresse por transporte
/ Gabriel Lucas Curtiço Lemes ; orientadora Luciane
Silva Martello ; coorientador Rodrigo Silva
Goulart. -- Pirassununga, 2020.
49 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Bem-estar animal. 2. Estratégias nutricionais
. 3. Estresse fisiológico. 4. Transporte comercial.
5. Zootecnia de precisão. I. Martello, Luciane
Silva, orient. II. Goulart, Rodrigo Silva,
coorient. III. Título.

RESUMO

Objetiva-se com este estudo avaliar o efeito da suplementação com óleos essenciais (OE) na regulação térmica de bovinos durante o período de transporte e durante o período de confinamento. O experimento foi realizado em duas fases: transporte e confinamento. Foram utilizados 48 animais da raça Nelore, delineados aleatoriamente em 2 tratamentos na primeira fase: suplemento proteico com óleo essencial (CO); e suplemento proteico sem óleo essencial (SO) e na segunda fase em arranjo fatorial 2 x 2 (transporte ou não x suplementado com óleo essencial ou não). Na primeira fase os animais foram submetidos à uma viagem de aproximadamente 12 horas em caminhões boiadeiros e na segunda fase os animais ficaram confinados durante 99 dias em baias individuais. Houve pesagem dos animais e coleta de temperatura de superfície corporal (TSC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), em ambas as fases. Foram instalados, *data logger* nos caminhões, bem como nas instalações do confinamento, para coleta de umidade relativa, temperatura do bulbo seco (TBS) e ponto de condensação. Foram coletados dados de consumo diário de matéria seca (CMS) durante a fase confinamento. Na Fase 1 não foram encontrados efeitos do OE sob as características de termorregulatórias, porém foi possível observar o estresse fisiológico dos animais após o manejo de desembarque, verificando TSC e TR menores nos os animais não transportados. Na fase 2, igualmente, não foram observados efeitos entre os tratamentos de OE. Contudo pode-se observar uma mudança no CSM em relação a TBS, se comportando de maneira inversamente proporcional.

Palavras-chave: bem-estar animal; estratégias nutricionais; estresse fisiológico; transporte comercial; zootecnia de precisão.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the effect of supplementation with essential oils (EO) on the thermal regulation of cattle during the transport period and feedlot. The experiment was carried out in two phases: transport and feedlot. 48 Nellore animals were used, randomly outlined in 2 treatments in the first phase: protein supplement with essential oil (EO); and protein supplement without essential oil (WEO) and in the second phase in a 2 x 2 factorial arrangement (transport or not x supplemented with essential oil or not). In the first phase the animals were subjected to a trip of approximately 12 hours in cattle trucks and in the second phase the animals were confined for 99 days in individual stalls. The animals were weighed and body surface temperature (BST), respiratory rate (RR), rectal temperature (RT) was collected in both phases. Data loggers were installed in the trucks, as well as in the feedlot facilities, for collecting relative humidity, dry bulb temperature (DBT) and dew point temperature. Data on daily dry matter intake (DMI) were collected during the feedlot phase. In Phase 1, no EO effects were found under the thermoregulatory characteristics, however, it was possible to observe the physiological stress of the animals after the landing management, verifying lower BST and RT in animals not transported. In phase 2, likewise, no effects were observed between EO treatments. However, it was possible to observe a change in the DMI in relation to DBT, behaving in an inversely proportional way.

Keywords: animal welfare; nutritional strategies; physiological stress; commercial transport; livestock precision.

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivo	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. Revisão bibliográfica	4
3.1 Transporte de bovinos e estresse de viagem.....	4
3.2 Estresse térmico em bovinos de corte.....	6
3.3.1 Avaliações do estresse térmico	8
3.3 Uso de aditivos para conforto térmico	11
4. Material e Métodos	14
4.1 Local, Instalações e Animais.....	14
4.2 Fase de pré-transporte.....	15
4.3 Fase 1 – Transporte	16
4.4 Fase 2 – Confinamento	20
4.5 Análise dos dados.....	22
5. Resultados.....	24
6. Discussão	39
7. Conclusão.....	43
Referências	44

1. Introdução

O confinamento de bovinos de corte é responsável em grande parte, pela produção de carne de qualidade. A intensificação dessa produção animal vem acompanhada de várias preocupações por parte do mercado consumidor como, por exemplo, o bem-estar dos animais.

Muitas fazendas trabalham apenas a fase de confinamento, sendo necessário adquirir os animais em outras fazendas, muitas vezes distantes de seus centros produtores. Por essa razão, não raro, os animais são transportados em caminhões boiadeiros, por longas horas de viagem. Isso acarreta um momento estressante para os animais, sobretudo quando se considera que a situação do transporte pode ser agravada pelo microambiente climático do vagão do caminhão (altas/baixas temperaturas, alta humidade), podendo causar estresse térmico nos animais (FIKE; SPIRE, 2006). Vários são os trabalhos científicos avaliando as condições de transportes, porém, em sua maioria, estes estão relacionados com os efeitos negativos desse processo na fase de pré-abate (LOSADA-ESPINOSA et al., 2018; ROMERO et al., 2013; WAMBUI et al., 2003). Dessa forma, são escassos os estudos relacionados aos efeitos do estresse do transporte em animais que irão entrar em confinamento.

Visando amenizar esses problemas, estratégias nutricionais devem ser propostas a fim de melhorar as condições dos animais após o desembarque destes no confinamento. Uma possível estratégia nutricional seria a adoção de suplementação animal antes do transporte, contendo aditivos alimentares específicos que poderão contribuir na redução dos efeitos do estresse após longas horas de viagem, amenizando os impactos à saúde e ao desempenho logo após o transporte e posteriormente durante o período de engorda.

Uma opção desses aditivos são os óleos essenciais, que são extratos vegetais que podem ser utilizados na dieta de bovinos, podendo auxiliar na atividade da microbiota ruminal, melhorar o consumo, aumentar a produção e causar alívio térmico no tocante à atividade termorregulatória, sendo documentado bons resultados em vacas de leite (SILVA, 2017). Porém, ainda pouco se sabe do uso desses suplementos quanto a atividade termorregulatória em bovinos de corte após desafios relacionados ao processo de transporte e sua subsequente resposta durante o período de confinamento.

A utilização de óleos essenciais evita a elevação da temperatura retal (TR) em decorrência de estresse térmico, uma vez que os óleos podem facilitar troca de calor por via evaporativa em razão de sua contribuição para o aumento da taxa de sudorese, impulsionado pela melhor oxigenação sanguínea e vasodilatação periférica (SILVA, 2017).

Com isso, cria-se a hipótese que a suplementação com óleos essenciais antes do período de transporte reduz o estresse térmico ocasionado durante o período de viagem, bem como, minimiza o efeito do estresse térmico sobre os animais durante o período de engorda em confinamento.

2. Objetivo

2.1 Objetivo Geral

Objetiva-se com este estudo avaliar o efeito da suplementação com óleos essenciais na regulação térmica de bovinos após o período de transporte e durante o período de confinamento.

2.2 Objetivos Específicos

Estudar a influência do ambiente térmico do caminhão de transporte sob as respostas fisiológicas relacionadas à termorregulação dos animais suplementados ou não com óleos essenciais.

Estudar a influência do ambiente térmico na fase de confinamento sob as respostas fisiológicas relacionadas à termorregulação e o consumo de matéria seca dos animais suplementados ou não com óleo essencial.

3. Revisão bibliográfica

Nessa seção serão expostos os principais assuntos abordados nesse trabalho com base na bibliografia disponível, a fim de proporcionar um embasamento para a metodologia e discussão dos resultados. No primeiro tópico será abordado o tema sobre a situação do transporte terrestre de animais na produção animal, bem como as consequências geradas pelo estresse de viagem, principalmente após esse período.

O segundo tópico abordará o efeito do estresse térmico na produção de bovinos de corte, explanando sobre a influência das variáveis meteorológicas e das respostas fisiológicas quando a temperatura do ar está acima da faixa crítica de conforto para o animal, assim como suas consequências durante a fase de confinamento. Em seguida, desenvolveu-se uma revisão dos principais métodos para avaliação do estresse térmico no animal.

Por último, realizou-se uma revisão sobre a utilização de diversos aditivos na dieta dos animais e como podem contribuir para reduzir os impactos negativos do estresse térmico na produção animal. Em especial, à utilização de aditivos naturais como óleos essenciais e principais resultados em estudos anteriores.

3.1 Transporte de bovinos e estresse de viagem

O confinamento de bovinos de corte é uma prática de manejo intensiva, cujo objetivo é produzir carne com qualidade e em grande escala (DIAS FILHO, 2011). Atualmente, muito produtores que trabalham exclusivamente com a fase de terminação em confinamento, compram os animais em outras propriedades, gerando a necessidade de transporte rodoviário desses animais. Tal prática ocasiona muitas vezes um longo tempo de viagem, em virtude da aquisição de animais em propriedades ou leilões, na maioria das vezes, distantes dos centros de confinamento. Nesse cenário, o longo tempo de viagem, bem como, as condições ambientais durante o período de transporte podem ser cruciais ao bem-estar dos animais, além de influenciar o desempenho e qualidade da carcaça destes.

Condições impróprias relacionadas ao tempo de viagem, paradas durante o trajeto (ROMERO et. al., 2013), além da alta densidade nos caminhões de transporte resultam em injúrias físicas, hematomas e estresse, sendo registrado grandes perdas econômicas para a indústria de gado de corte verificado no produto final (HUERTAS et al., 2010). Para bovinos não destinados ao abate, a natureza dessas injurias durante o processo de transporte pode afetar a resposta ao comportamento dos

animais após o desembarque no confinamento. Sendo assim, os traumas associados com a distância e condições ambientais do transporte podem estar associados com a resposta do animal durante o período subsequente no confinamento (VAN ENGEN, COETZEE, 2018).

Trabalhos científicos avaliaram indicadores de estresse fisiológico durante o manejo de embarque e desembarque de bovinos de corte (FIKE; SPIRE, 2006) e cabras (CANAES et al., 2009) e observaram aumento dos níveis de cortisol, imunossupressão e aumento da frequência cardíaca e respiratória medidas logo após o desembarque. Para gado de corte, foram registradas perdas de peso após o transporte ligadas diretamente pelo manejo pré-transporte (FIKE; SPIRE, 2006; WARRISS, 1990). Além dos problemas que eventualmente podem acontecer durante o embarque dos animais e a viagem propriamente dita, a privação de alimento antes do transporte e embarque dos animais pode agravar a situação. Estudos relacionados com mudanças de local da ordenha em vacas (RUSHEN et al., 2001; PORCIONATO et al., 2005;) relatam que essas alterações fisiológicas podem causar um reflexo na produção após o manejo, sendo registrado reduções significativas de até 23% na produção de leite. Porém, muitos trabalhos estudaram o efeito do transporte de animais pré-abate e são escassos os estudos quantificando as perdas produtivas relacionadas ao transporte durante a fase de engorda em confinamento.

Outros fatores estressantes considerados importantes durante o processo de transporte de bovinos de corte estão relacionados às variáveis ambientais (umidade e temperatura do ar) internas dos vagões dos caminhões boiadeiros. Vagões contendo altas temperaturas, acima dos limites críticos normais dos bovinos, promovem mudanças nos organismos dos animais, exigindo maiores gastos energéticos para manter a homeostase. Associado a isso, a elevada humidade do ar dentro dos vagões, dificulta a evapotranspiração da pele dos animais, reduzindo a efetividade do resfriamento corporal (TROXEL; GADBERRY; BECK, 2016). Estudos concluíram que temperaturas internas dos vagões acima de 30° C durante o transporte podem ser prejudiciais à termorregulação (KNOWLES, 1999), acarretando mudanças comportamentais dos bovinos após o desembarque, promovendo perda de peso e reduções na temperatura de superfície associada a vasoconstrição periférica (THEURER et al., 2013).

3.2 Estresse térmico em bovinos de corte

Os bovinos são animais homeotérmicos, necessitando manter temperatura corporal constante para que o organismo seja capaz de exercer seu funcionamento normal. Dessa forma, para manter a temperatura constante, mecanismos de termorregulação corporais equilibram a dissipação ou retenção de calor, por meio da vasodilatação, da vasoconstrição, da sudação, da frequência respiratória (FR) e alterações do metabolismo (PINHEIRO et al., 2015).

A termorregulação, em resposta à ambientes com temperaturas acima ou abaixo da faixa de conforto do animal, é um mecanismo acionado pelo sistema nervoso central. Em episódios de estresse térmico, elevadas temperaturas são captadas pelos receptores periféricos (pele) chegando ao hipotálamo, o receptor térmico central, ativando o sistema nervoso simpático. Com isso, o organismo gera respostas agudas cardiovasculares (vasodilatação) e comportamentais (por exemplo, procura por sombra ou imobilidade, aumento da FR, aumento do consumo de água), permitindo que ele se mantenha em temperatura estável apesar do ambiente (NAKAMURA; MORRISON, 2008; COLLIER; GEBREMEDHIN, 2015; COLLIER et al., 2019).

Em bovinos de corte, o impacto negativo do estresse térmico não é imediatamente mensurado, pois não reflete em um sistema métrico de produção diária como observado em bovinos de leite. O animal que apresenta temperatura corporal acima do limite irá ingerir menos alimento e em uma situação de estresse crônico, consequentemente o animal irá perder peso. Esses impactos também dependem de diversos fatores, além dos ambientais, como raça, estágio da produção e categoria animal (vacas reprodutoras, animais em crescimento e terminação) e sistema de produção (SUMMER et al., 2019). Quanto aos aspectos de raça, é bem documentado que animais *Bos indicus* são melhor adaptados à altas temperaturas em comparação com *Bos taurus* (GAUGHAN et al., 2010; HANSEN, 2004; SUMMER et al., 2019).

Trabalhos na literatura científica reportam sobre a influência da temperatura do ar acima ou abaixo daquelas consideradas como de conforto para o desempenho dos animais (MARCHESINI et al., 2018; SUMMER et al., 2019). A redução no consumo de matéria seca durante episódios de estresse térmico, gera distúrbios metabólicos como acidose ruminal, diminuindo a taxa de crescimento muscular, além de reduzir a fertilidade dos animais (St-PIERRE et al., 2003; NARDONE et al., 2010; MAGRIN et al., 2017).

Ainda assim, com a clara compreensão dos malefícios do estresse térmico para o animal, a aplicação do melhoramento genético em bovinos de corte, ao selecionar animais para melhor produtividade, não direcionou para melhorar questões relativas à maior tolerância térmica e pode ter contribuído para deixar os animais mais sensíveis a altas temperaturas, em geral, devido à maior carga de calor interno (COLLIER et al., 2017; COLLIER et al., 2019).

Devido à grande percentual genética zebuína, esses animais são mais utilizados para produção de carne no Brasil, em razão da sua grande predisposição genética e melhoramento genético ocorrido durante muitos anos, representado aproximadamente 80% do rebanho para corte (CARVALHO et al., 2014). Animais zebuínos possui boa adaptação ao calor (mantendo o sistema termorregulador em bom funcionamento à temperaturas do ar de até 29 °C) em razão de apresentarem menor produção de calor metabólico e maior fluxo de calor do núcleo do corpo para a superfície da pele (HANSEN, 2004). Além disso, animais zebuínos apresentam pelagem mais espessa, densa, lisa e brilhante (HUTCHINSON; BROWN, 1969), e maior quantidade de glândulas sudoríparas (NAY; HAYMANI, 1956), oferecendo características adequadas para a maior tolerância térmica comparado com animais taurinos. Com o conhecimento dessas características, produtores equivocadamente não oferecem para seu rebanho meios para prevenção do estresse térmico durante o transporte e confinamento, acarretando em baixo consumo alimentar, crescimento retardado e baixa eficiência, como já citado anteriormente (HAHN, 1995).

De acordo com alguns estudos (BAËTA e SOUZA, 1997; SILANIKOVE, 2000), 29° C é o valor crítico superior de temperatura do ar para zona de conforto térmico para animais *Bos indicus*. Contudo, esse limite pode divergir dependendo da adaptação do animal ao calor, tempo de exposição sob estresse térmico e o nível de produção dos animais (FUQUAY, 1981; HAHN et al. 1997).

Segundo Brown-Brandl et al. (2006), a susceptibilidade do gado de corte ao estresse térmico em confinamento pode ter influências de fatores como, aspecto anatômico do pelo, histórico de doenças pulmonares, escores de condição corporal e temperamento (animais mais excitados). Animais de pelo mais escuro apresentaram maiores frequências respiratórias. Foram constatadas que doenças respiratórias diagnosticadas e tratadas apresentaram impacto direto no aumento da FR em altas temperaturas do ar, devido a lesões pulmonares (BROWN-BRANDL et al., 2006). Ainda sobre o estudo, observou-se que animais com maiores escores de condição

corporal apresentaram efeito no aumento da FR e escore de ofego, assim como animais mais excitados do rebanho, identificados no verão.

3.3.1 Avaliações do estresse térmico

Quando o bovino encontra fora da faixa de temperatura de conforto, inicia-se uma cadeia de mecanismos fisiológicos, com o intuito de retomar a homeostase do organismo. Dentre esses mecanismos, destaca-se o aumento na FR (YOUSEF, 1985; SILANIKOVE, 2000), o ofego e a salivação, além de redução dos batimentos cardíacos e transpiração intensa (BLAZQUEZ et al., 1994; SILANIKOVE, 2000).

A FR é mensurada observando a movimentação do flanco do animal a cada minuto (movimentos/min) sendo um bom indicativo visual para avaliar se o animal apresenta elevada carga térmica corporal (BROWN-BRANDL et al., 2003; GAUGHAN, 2000). Porém, a visualização do aumento da taxa respiratória apresenta um atraso em relação a outros eventos, que já se iniciaram para evitar o aumento do calor corporal. Portanto, a observação da elevação da FR ocorre após um tempo em que o animais estão termicamente estressados (GAUGHAN, 2000). Valores observados para FR de 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 120 mov.min⁻¹ representam, respectivamente, um baixo, médio e alto estresse para os ruminantes, sendo acima de 200 mov.min⁻¹ um estado severo de estresse térmico (SILANIKOVE, 2000; MASTELARO, 2016).

A TR pode ser utilizada para estimar a temperatura central do corpo do animal. Valores de Temperaturas entre 38,0 °C e 39,3 °C são consideradas normais para bovinos de corte (ROBINSON, 2004; MCMANUS et al., 2009). Animais que apresentam valores acima desse limite é um indicativo que os mecanismos de termorregulação não estão sendo suficientes para o animal perder calor, ocasionando em episódios de estresse térmico (MOTA, 1997; DE MELO COSTA et al., 2018; MCMANUS et al., 2009).

Para avaliar a influência do ambiente quanto ao conforto térmico animal pode-se utilizar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (MADER; DAVIS; BROWN-BRANDL, 2006). Além da temperatura do ar, a temperatura corporal pode ser influenciada por outros fatores climáticos como a incidência e velocidade do vento, a radiação solar e umidade do ar.

Desenvolvido por Thom (1959), o ITU foi inicialmente utilizado para estimar o conforto térmico em humanos. O índice é gerado por diversos modelos levando em consideração as variáveis de temperatura do bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo

úmido, temperatura do ponto de orvalho (T_{po}) e umidade relativa (UR). Variáveis estas que influenciam diretamente a dissipação de calor nos animais. O ITU atualmente é amplamente utilizado em pesquisa para caracterizar o conforto térmico de animais, apresentando diferentes equações (Tabela 1).

Tabela 1. Diferentes equações para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade.

Índice de Temperatura e Umidade	Autor
$ITU = (1,8 \times T_{bs} + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times UR) \times (1,8 \times T_{bs} - 26,8)]$	(NRC, 1971)
$ITU = T_{bs} + 0,36 \times T_{po} + 41,2$	(Yousef, 1985)
$ITU = (0,35 \times T_{bs} + 0,65 \times T_{bu}) \times 1,8 + 32$	(Bianca, 1962)
$ITU = (0,55 \times T_{bs} + 0,2 \times t_{po}) \times 1,8 + 32 + 17,5$	(NRC, 1971)
$ITU = (0,15 \times t_{bs} + 0,85 \times T_{bu}) \times 1,8 + 32$	(Bianca, 1962)
$ITU = [0,4 \times (T_{bs} + T_{bu})] \times 1,8 + 32 + 15$	(Thom, 1959)
$ITU = (T_{bs} + T_{bu}) \times 0,72 + 0,46$	(NRC, 1971)
$ITU = (0,8 \times T_{po}) + [(UR/100) \times (T_{po} - 14,4)] + 46,4$	(Mader et al., 2006)

Fonte: Adaptado de Dikmen e Hansen (2009).

* T_{bs} = Temperatura do bulbo seco; T_{bu} = Temperatura do bulbo úmido; T_{po} = Temperatura de ponto de orvalho.

Para verificar a incidência de estresse térmico a partir do ITU, diversos autores têm estudado os limites ideais para conforto térmico dos animais. De acordo com o *Livestock Weather Safety Index (LWSI)* do *Livestock Conservation Institute/US* os valores para de ITU em categorias de riscos para bovinos podem ser considerados como descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para animais domésticos segundo *Livestock Weather Safety Index (LWSI)*.

Valores	Categorias
$ITU \leq 74$	Normal
$74 < ITU < 79$	Alerta
$79 \leq ITU \leq 84$	Perigo
$ITU \geq 84$	Emergência

Embora o ITU seja amplamente utilizado na pecuária e em pesquisas como ferramenta de avaliação de conforto térmico, esse índice apenas informa a condição do ambiente analisado, não considerando em sua equação as respostas fisiológicas dos animais singularmente.

A termografia de infravermelho (TIV) é uma ferramenta capaz de captar a radiação infravermelha emitida por meio de objetos e seres vivos e retorna em imagens com escala de cores relacionando com as temperaturas da superfície analisada (Figura 1). A vantagem comparada com outros métodos de coleta de temperatura superficial está na capacidade de monitorar essa característica sem necessidade de contato com o animal (KNÍZKOVÁ et al., 2007), dispensando o uso de contenção, gerando dados com mais facilidade.

Figura 1. Exemplos de imagens térmicas da região da área ocular e fronte de bovinos nelore.

Escala de cores e temperatura (A); Imagem da região da área ocular do bovino (B); Imagem da região da área ocular do bovino (C); Imagem da fronte do bovino (D); Imagem da fronte do bovino (E).
Fonte: Própria autoria.

Hansen (2004) relatou que, em temperaturas do ar amenas, os bovinos dissipam calor para o ambiente através da pele, utilizando os mecanismos de radiação, condução e convecção (formas sensíveis de transferência de calor). Em razão disso, a temperatura da superfície corporal passa por alterações, participando das trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. Martello et al., (2010) avaliaram a associação entre temperaturas de superfície corporal de diferentes regiões do corpo de bovinos de leite, com a temperatura ambiente. Os autores observaram padrões de comportamento diários similares entre essas características com boas correlações

entre a temperatura do ar e as temperaturas auricular (0,72), vulva (0,72), base da calda (0,66) e retal (0,64).

A TIV tem sido amplamente estudada como forma de monitoramento da superfície corporal em bovinos de corte também. Martello et al. (2016) estudaram imagens térmicas capturadas das regiões da frente, face, olhos, área ocular, costela, flanco, garupa e patas de bovinos Nelore e observaram que a região da frente apresentou melhor correlação com a TR e FR (0,60 e 0,47, respectivamente). Os autores também observaram que animais mais eficientes (menor consumo alimentar residual) apresentaram TIV da frente mais elevada e TR mais baixa, concluindo que a temperatura mais elevada da superfície corporal tenha contribuído para manutenção da TR em níveis mais adequados.

Salles et al. (2016) avaliaram a temperatura de superfície corporal pela TIV de vacas Jersey em ambiente termoneutro a fim de determinar um padrão de conforto térmico para a raça. Em associação com o índice de temperatura e umidade (ITU), encontrou-se forte correlação em relação a TIV da frente (0,81), flanco direito (0,85) e esquerdo (0,81). Foram verificadas também maior correlação da TIV da frente com a TR ($r = 0,35$) compara com outras regiões do corpo estudadas.

3.3 Uso de aditivos para conforto térmico

Condições meteorológicas podem interferir na homeostase do animais como radiação, temperatura e humidade relativa do ar (MADER; DAVIS; BROWN-BRANDL, 2006). Um terço da carga de calor total do animal são oriundos do metabolismo, sugerindo uma existente contribuição de calor endógeno que influenciam no aumento da temperatura do núcleo do corpo para além do seu limite (FINCH, 1976; SILANIKOVE, 2000).

Animais estressados pelo calor apresentam diversas modificações fisiológicas como uma resposta termorregulatória, como aumento da TR, aumento da FR e respostas cardiovasculares, já mencionada em tópicos anteriores. Além de métodos para condicionar o ambiente ao conforto do animal, existem manejos nutricionais eficazes que podem ser utilizadas para melhorar sua resposta a esse evento de estresse, como o uso de aditivos na dieta a fim de promover alívio térmico corporal.

Durante episódios de estresse térmico, quando o animal aciona seus mecanismos de termorregulação ocorre um gasto extra de energia para manter essa atividade de resfriamento do corpo. O bovino passa também a consumir menos

alimento, como resposta ao estresse, ocasionado o balanço energético negativo (DUNSHEA et al., 2013; SHWARTZ et al., 2009). Ou seja, com a diminuição do consumo devido ao estresse térmico, o animal não adquire a quantidade necessária de alimento para suprir suas exigências nutricionais.

Embora os estudos com óleos essenciais voltados para termorregulação em bovinos de corte são escassos, trabalhos com bovinos de leite apresentam potencial efeito para amenizar o estresse térmico. Estudo realizado com vacas leiteiras (SHWARTZ et al., 2009) envolvendo a adição de leveduras suplementares na dieta demonstraram uma redução da TR em períodos mais quentes do dia, associado com eficiência na digestão. Segundo os autores, teoricamente a eficiência da digestão aumenta o incremento calórico. Em resposta a essa situação, os animais ingerem menos alimento, a fim de diminuir a produção de calor metabólico. Porém, em estudo mais recente, Dias et al. (2018) constataram que diminuição da temperatura corporal está associada a eficiência da perda de calor por mecanismos termorregulatórios, em razão da melhor absorção de niacina ruminal em resposta a suplementação com cultura de leveduras.

Wang et al. (2010) trabalharam com o efeito da adição de ácidos graxos saturados na dieta de vacas leiteiras e constataram reduzida temperatura retal as 14h00 (horário mais quente do dia), associada com a fonte do alimento, apresentando menor incremento calórico relacionado com o carboidrato na dieta. Com o trabalho de Shwartz et al. (2009), onde se observaram uma queda de produção de leite com a adição de enzima fibrolítica, a adição de ácidos graxos saturados não afetou a produção de leite, reduzindo o pico da TR em vacas em lactação estressadas por calor.

A utilização de óleos essenciais (OE) na alimentação de ruminantes tem se destacado por ser um composto natural retirado de plantas e que apresenta benefícios quanto à fermentação ruminal (CALSAMIGLIA et al. 2007), assim como propriedades antioxidantes (OH et al., 2013), anti-inflamatórias (OH et al., 2015) e por atuarem no metabolismo de glicose (OH, et al., 2017).

A combinação de diferentes óleos essenciais, desde que suas características desempenham funções de forma sinérgica no organismo, apresentam melhores valores de eficiência alimentar em ruminantes, uma vez que podem atuar no monitoramento do ambiente ruminal apropriado (pH 5,5), providenciando melhor

atividade das moléculas presentes em cada óleo essencial, refletindo positivamente na produção do animal (SOUZA et al., 2019).

Cinamaldeído, carvacrol, eugenol e capsaicina são exemplos de OE mais usados na produção animal e possuem ações sinérgicas entre elas (CALSAMIGLIA et al., 2007). Estudos comprovam que a ação antioxidante e anti-inflamatórias desses componentes em ruminantes, quando incluídos na dieta de forma protegida da fermentação ruminal, podem promover vários efeitos fisiológicos no organismos dos animais, tais como manutenção da homeostase, melhora da função celular ou ajudar ao metabolismo a voltar ao normal após um estresse (DURMIC; BLACHE, 2012).

Silva (2017) avaliou o efeito de uma combinação de óleos essenciais composto por cinamaldeído, carvacrol, eugenol e capsaicina na nutrição de vacas Holandesas lactantes. Concluiu-se neste trabalho que a suplementação com OE reduziu o consumo e aumentou o rendimento da produção de leite. Em se tratando da termorregulação dos animais, foram observadas diminuição da temperatura corporal e aumento da oxigenação no sangue em função da suplementação, além de observar melhor eficiência na perda de calor por sudorese em dias de maior temperatura do ar e baixa umidade.

A capsaicina é um extrato de pimenta vermelha que ajuda no desencadeamento da termorregulação no organismo. Estudos com essa substância injetada em ratos neonatos promoveu queda de TR (hipotermia) logo após a aplicação (HORI; TSUZUKI, 1981). A capsaicina estimula neurônios sensíveis ao calor com receptores da pele e dos órgãos viscerais, mas não estimula os receptores de frio. Com isso ela provoca uma vasodilatação, aumenta a produção de calor periférica, ao mesmo tempo, diminuindo a temperatura central do corpo (SZOLCSÁNYI, 2015).

Embora haja pesquisas que demonstrem os benefícios da utilização dos óleos essenciais na dieta para o desempenho, termorregulação e imunidade dos animais, ainda são escassos trabalhos para bovinos de corte com ênfase sobre os efeitos em relação à ambiência durante a fase de confinamento, principalmente após um desafio, como o estresse causado aos animais pelo processo de transporte.

4. Material e Métodos

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, Protocolo Nº 7957310817.

4.1 Local, Instalações e Animais

O experimento foi conduzido nas instalações da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, campus Fernando Costa, São Paulo.

Foram utilizados 48 bovinos da raça Nelore não-castrados com peso inicial médio de 398 kg ($\pm 26,01$). Os animais foram alocados em baias individuais abertas (6 x 3m; 18m²/boi), apresentando uma área de cocho coberta e uma área sem cobertura com bebedouros. A cobertura é de telhado tipo duas águas, com estrutura metálica e telha de cimento-amianto de 5 mm de espessura e inclinação de 17%, sem pintura externa.

O experimento contou com três fases, no entanto, as avaliações do presente estudo foram concentradas em duas fases principais: transporte (incluindo as etapas de embarque e desembarque) e confinamento (Figura 2), sendo que as avaliações da fase de pré-transporte foram realizadas em 2 momentos apenas, no início e no final dessa fase.

Figura 2. Linha do tempo com o resumo de atividades realizados durante o experimento.

4.2 Fase de pré-transporte

Essa fase foi representada como momento anterior ao transporte, onde os 48 bovinos receberam dietas com suplemento proteico, com e sem adição de um *blend* de óleos essenciais (carvacrol, eugenol, cinemaldeído e capsaicina) durante 41 dias. Nessa fase, os bovinos foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais seguindo o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos de 24 animais cada, conforme segue:

- I. SEM ÓLEO (SO) Animais alimentados com suplemento proteico (monensina sódica) sem adição de óleo essencial + silagem de milho – 24 animais;
- II. COM ÓLEO (CO) Animais alimentados com suplemento proteico (monensina sódica) com adição de óleo essencial na dosagem de 150 mg do produto por kg de matéria seca da ração total (Activo Premium® - Grasp, Curitiba, Paraná, Brasil) + silagem de milho – 24 animais;

Os bovinos foram suplementados duas vezes ao dia durante o período da manhã e receberam como fonte de volumoso a silagem de milho a vontade e o suplemento proteico na oferta de 0,4% do peso vivo, além da adição de OE (150 mg do produto por kg de matéria seca da ração total) para os animais pertencentes ao tratamento CO durante os 41 dias de experimento (Tabela 3).

Tabela 3. Proporções dos ingredientes e níveis nutricionais do suplemento proteico

Ingredientes	% na MS
Milho grão seco	44,0
Farelo de soja	41,0
Calcário	1,0
Núcleo mineral ¹	7,0
Uréia	7,0
Níveis nutricionais	
PB	45,0
NDT	61,7

¹ Núcleo mineral: 66 g/kg de cálcio, 28 g/kg de fósforo, 141 g/kg de sódio, 42 g/kg de enxofre, 19 g/kg de magnésio, 1230 mg/kg de cobre, 28 mg/kg de cobalto, 11,5 mg/kg de selênio, 3670 mg/kg de zinco, 57 mg/kg de iodo, 752 mg/kg de manganês, 165.500 UI/kg de vitamina A, 2.350 mg/kg de monensina sódica. No suplemento contendo a inclusão do óleo essencial, o núcleo mineral conterá a adição de 14.100 mg/kg de Activo Premium (Grasp, Curitiba, Paraná, Brasil) e 2.350 mg/kg de monensina sódica.

O início dessa fase foi considerado o dia D-41 e pela manhã foi realizado pesagem em jejum (restrição alimentar por 16 horas) a fim de estimar o peso vivo inicial dos animais. Também, ainda no dia D-41, os animais receberam o primeiro protocolo sanitário contendo uma dose de ivermectina 1% (1 mL para cada 50 kg de peso vivo), vacina de clostridiose (3 mL por animal) e uma dose de albendazole (1 mL para cada 50 kg de peso vivo).

4.3 Fase 1 – Transporte

Essa fase foi definida por duas etapas, embarque e desembarque, sendo seu início considerado o dia “0” (D0). e A fim de estabelecer o delineamento fatorial 2 x 2, os animais de cada tratamento da fase anterior (CO e SO) foram novamente separados aleatoriamente em 2 grupos em cada tratamento, de tal modo que um grupo foi submetido ao transporte e outro não. Dessa forma, formaram-se os tratamentos:

- I. Sem óleo e sem transporte (SOST) (n=12): Animais alimentados com suplemento proteico sem adição de OE + silagem de milho;
- II. Sem óleo e transportados (SOCT): (n=12): Animais alimentados com suplemento proteico sem adição de OE + silagem de milho;
- III. Com óleo e sem transporte: (COST) (n=12): Animais alimentados com suplemento proteico com adição de OE na dosagem de 150 mg do produto por kg de matéria seca da ração total (Activo Premium® - Grasp, Curitiba, Paraná, Brasil) + silagem de milho;
- IV. Com óleo e transportados: (COCT) (n=12): Animais alimentados com suplemento proteico sem adição de OE na dosagem de 150 mg do produto por kg de matéria seca da ração total (Activo Premium® - Grasp, Curitiba, Paraná, Brasil) + silagem de milho com estresse por transporte (COCT);

No dia D-1, realizou-se pesagem em jejum (restrição alimentar e hídrica por 16 horas) e foram coletadas TR, FR e temperatura de superfície corporal (TSC) durante a manhã (das 08h00min até as 12h00min) (Figura 3).

Figura 3. Momento da coleta de termografia de infravermelho (A) e peso dos animais (B).

Foram auferidas a TR com um termômetro clínico digital inserido no reto do animal com o mesmo contido no tronco.

A TSC foi medida por meio de TIV da frente, área ocular, costela e garupa (Figura 4). As imagens de infravermelho foram coletadas a uma distância aproximada de 1,5 m com a câmera termográfica TESTO 875-2, calibrada para 0,98 de emissividade. As imagens foram avaliadas pelo programa computacional TESTO IRsoft que forneceu os perfis de temperatura corporal dos animais por meio de imagens em escala de cores representando as temperaturas.

Para as análises de TIV da frente, costela e garupa, para cada imagem foi definida uma subárea dentro da região de interesse, sendo que os parâmetros térmicos dessas subáreas é que foram consideradas nas análises. Utilizou-se a ferramenta de histograma para obter os parâmetros de TSC mínima, máxima e média de cada região selecionada. Para a TIV da área ocular foi determinada apenas a TSC máxima daquela região. A Figura 4 representa as áreas observadas.

Figura 4. Representação das imagens térmicas da região da frente, costela, garupa e área de um boi, o histograma de temperatura e as temperaturas mínima, média e máxima da região selecionada.

A FR foi medida pela contagem de tempo a cada dez movimentos no flanco, sendo calculado posteriormente o número de movimentos por minuto. Essa avaliação foi realizada com os animais em sua própria baia, antes do manejo dos animais para coleta de TR e TSC.

Os dados meteorológicos foram coletados automaticamente a cada 30 minutos por meio de data loggers (HOBO) instalados dentro das baias e dentro do vagão de cada caminhão de transporte. Foram coletados automaticamente dados de umidade relativa (UR) e temperatura de bulbo seco (TBS) durante o período de transporte, registrando dados a cada meia hora. A partir destes dados, o software HOBO também fornece a temperatura de ponto de orvalho (TPO), que é a temperatura na qual o ar deve ser resfriado para que haja a condensação da água.

No dia D0 (dia seguinte das coletas de pré-embarque) os bovinos dos tratamentos (COCT e SOCT) foram embarcados (etapa “embarque”) em caminhões boiadeiro às 09h00min da manhã no Departamento de Zootecnia da FZEA/USP e foram transportados por 12 horas, sendo programado o retorno e o desembarque dos animais às 21h00min (Etapa “Desembarque”) no mesmo local de partida. Os animais de ambos os tratamentos foram acondicionados aleatoriamente em 2 caminhões, sendo formado grupo de 12 animais por caminhão. Os outros 24 animais que compunham os tratamentos COST e SOST permaneceram no confinamento nas baias individuais. Essas baias eram (6 x 3m; 18m²/boi), apresentando uma área de cocho coberta e uma área sem cobertura com bebedouros.

Na etapa desembarque, os 24 animais dos tratamentos COCT e SOCT foram acomodados em curral (Figura 5) sem presença de água e alimento durante a noite.

No dia seguinte (D1), todos os animais (n=48) passaram pelo tronco de contenção para realização de TR e TSC. A coleta de FR não foi possível nesse período em razão da difícil identificação individual dos animais no curral coletivo e no tronco a FR não seria fidedigna em razão da grande movimentação dos animais. Posteriormente, os 48 animais foram distribuídos novamente, de modo aleatório nas baias para início da Fase 2 (fase de confinamento), a qual será detalhada a seguir.

Figura 5. Acomodação dos animais em curral após o desembarque no Departamento de Zootecnia da FZEA/USP.

4.4 Fase 2 – Confinamento

Nessa fase, os 48 bovinos utilizados estavam distribuídos em delineamento em arranjo fatorial 2 (com e sem transporte) x 2 (com e sem aditivo), conforme descrito na fase anterior (tratamentos SOST, SOCT, COST, COCT). Os animais permaneceram confinados em baias individuais abertas (6 x 3m; 18m²/boi), apresentando uma área de cocho coberta e uma área sem cobertura com bebedouros (Figura 6), alimentados durante 99 dias e em seguida abatidos. A dieta foi formulada com base na composição da matéria seca, visando atender as exigências de manutenção e crescimento de bovinos conforme o NRC (2016) calculadas para conter 5% de sobras no cocho diariamente (Tabela 4). As dietas foram ofertadas uma vez ao dia, às 08:00 horas.

Figura 6. Área de confinamento onde os animais permaneceram por 99 dias até o abate.

Tabela 4 – Composição da dieta experimental (% na MS).

	Dieta experimental			
	Adaptação ¹	Adaptação ²	Adaptação ³	Terminação ⁵
Ingredientes				
Silagem de milho	55,00	45,00	35,00	30,00
Milho moída	31,90	44,43	57,26	62,58
Farelo de soja	10,17	7,53	4,27	3,98
Uréia	0,70	1,00	1,20	1,30
Calcário	1,17	0,97	1,07	0,94
Cloreto de potássio	-	-	0,12	0,12
Núcleo ⁴	1,07	1,07	1,07	1,07
Composição química				
Matéria seca	46,02	50,41	55,74	62,45
Proteína Bruta	14,50	14,50	14,00	14,00
NDT	74,25	76,25	78,00	78,50
Extrato etéreo	3,00	3,23	3,46	3,55
Fibra em detergente neutro	31,00	27,72	24,38	23,59

¹Dieta será oferecida do primeiro ao sétimo dia de confinamento; ²Dieta será oferecida do oitavo ao décimo quarto dia de confinamento; ³Dieta será oferecida do décimo quinto dia ao vigésimo primeiro dia de confinamento. ⁴Núcleo mineral: 66 g/kg de cálcio, 28 g/kg de fósforo, 141 g/kg de sódio, 42 g/kg de enxofre, 19 g/kg de magnésio, 1230 mg/kg de cobre, 28 mg/kg de cobalto, 11,5 mg/kg de selênio, 3670 mg/kg de zinco, 57 mg/kg de iodo, 752 mg/kg de manganês, 165.500 UI/kg de vitamina A, 2.350 mg/kg de monensina sódica. ⁵Na dieta de terminação contendo óleo essencial o núcleo mineral conterá a adição de 14.100 mg/kg de

Activo Premium (Grasp, Curitiba, Paraná, Brasil) e 2.350 mg/kg de monensina sódica. As dietas de terminação diferirão apenas quanto a ausência ou presença de óleo essencial.

Os dados de peso, TSC, TR, FR e amostras de sangue foram coletadas pela manhã nos dias D1, D3, D6, D13, D21, D26, D54, D75 e D94. As coletas foram realizadas pelo mesmo método descrito na Fase 1.

Foram coletadas variáveis meteorológicas por meio de *dataloggers* (HOBO) instalados em três pontos diferentes no confinamento, a fim de obter uma amostragem do ambiente interno. coletando dados de UR, TBS durante toda a Fase 2, 24 horas por dia, registrando dados a cada meia hora (Figura 7). O software HOBO fornece também a temperatura de ponto de orvalho (TPO).

Figura 7. Local de instalação do aparelho *data logger* no confinamento.

Com os dados de TBS e TPO, foi utilizada a equação de Yousef (1985) para cálculo do ITU em cada dia do confinamento:

$$ITU = T_{bs} + 0,36 \times T_{po} + 41,2$$

4.5 Análise dos dados

O efeito dos tratamentos sobre as variáveis resposta foi analisado por análise de variância, utilizando o procedimento Mixed do software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), como um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial

2 x 2, considerando os efeitos fixos de suplementação (com óleo x sem óleo), transporte (com transporte x sem transporte) e sua interação, usando o animal como efeito aleatório.

Para as características avaliadas ao longo do tempo, além dos efeitos fixos acima descritos foi incluído o tempo e as interações como efeito fixos. Quando foi observada a diferença significativa entre os fatores, as médias foram comparadas utilizando teste t de Student.

Também foram realizadas análise de correlações simples (Pearson) para avaliar a relação entre características avaliadas por termografia, TR, FR, consumo de matéria seca e variáveis ambientais.

5. Resultados

No período anterior ao embarque não foram observadas diferenças para TR, TSP e peso corporal entre animais que foram suplementados ou não com óleo durante o período pré-transporte (Tabela 5).

Tabela 5. Temperaturas corporais e peso dos animais no período anterior ao embarque para animais suplementados (CO) ou não (SO) com óleos essenciais.

Item	SO	CO	EPM	<i>p-valor</i>
Peso corporal _(kg)	404,7	408,1	4,36	0,58
TR _(°C)	39,0	39,0	0,13	0,98
TIV _(°C)				
Olho	36,4	36,8	0,55	0,66
Fronte	29,8	30,1	0,57	0,72
Costela	33,1	32,9	0,3	0,63
Garupa	33,4	33,4	0,37	0,99

Erro padrão médio (EPM). Temperatura retal (TR) e termografia de infravermelho (TIV).

A fim de estabelecer o efeito do estresse térmico durante o transporte dos animais dos animais (09h00 min às 21h00 min) foram registradas as temperaturas dos vagões dos dois caminhões (1 e 2) durante a fase de transporte, bem como da instalação do confinamento simultaneamente (Figura 6). Observou-se temperaturas do ar máximas de 34,8 °C para o vagão do caminhão 1, 34,4 °C para o vagão do caminhão 2 e 30,8 °C no confinamento. Não houve diferença entre as temperaturas do ar médias registradas dentro dos vagões dos caminhões 1 e 2. Temperaturas acima do valor considerado crítico para bovinos (29 °C) foram observadas entre 10h30min as 17h30min, sendo o pico de temperatura às 12h30min para o caminhão 1, e às 16h00min para o caminhão 2. Para os animais que permaneceram no confinamento, a hora mais quente do dia correspondeu as 14h00min, com temperatura de 30,8 °C (Figura 6).

Figura 6. Variação da temperatura do ar dentro dos vagões de transporte (Cam 1 e Cam 2) e no confinamento (Conf) durante a fase de transporte dos animais.

Com o mesmo intuito de estabelecer o efeito de estresse térmico durante o período de transporte, também foi calculado o valor de ITU, dentro dos vagões e no confinamento simultaneamente (Figura 7). Observou-se ITU médio de 71,8 para caminhão 1, 71,2 para caminhão 2 e 66,8 no confinamento. O ITU máximo foi de 81,2 ocorrido às 12h30min para Caminhão 1, e de 79,9 às 16h00min para o caminhão 2 e 76,9 as 14h00min.

Figura 7. Variação do índice de temperatura e umidade dentro dos vagões de transporte (Cam 1 e Cam 2) e no confinamento (Conf) durante a etapa de transporte dos animais.

Conforme descrito, o efeito da suplementação de óleo em relação ao processo do transporte sobre as características de termorregulação foi avaliado por meio da comparação da TR e características de TIVs dos animais após o desembarque com os animais que permaneceram no confinamento (Tabela 6). Foi observado efeito de transporte ($p < 0,01$) sobre todas as características de temperatura corporal dos animais (TR e TIV). Contudo, não houve efeito para aditivo (suplementação com óleo) ou interação entre as fontes de variação (aditivo x transporte). Observou-se menor temperatura corporal (TIV e TR) para os animais que foram transportados em comparação com animais não transportados.

Tabela 6. Temperatura corporal dos animais pós-desembarque para os tratamentos com e sem transporte, sem (SO) e com óleo essencial (CO).

Item	Sem Transporte		Transporte		EPM	p-valor		
	SO	CO	SO	CO		ADT	TRANS	ADT x TRANS
TR	39,4	39,5	38,5	38,4	0,12	0,89	<0,01	0,50
TIV								
Olho	36,7	36,7	36,2	36,0	0,19	0,61	<0,01	0,49
Fronte	32,6	32,1	27,8	27,8	0,54	0,70	<0,01	0,67
Costela	33,8	33,4	30,8	30,9	0,37	0,78	<0,01	0,56
Garupa	34,8	33,7	30,7	30,8	0,49	0,34	<0,01	0,24

Temperatura retal (TR) e termografia de infravermelho (TIV).

Para os animais que foram transportados, não foram observadas diferenças na TR e nas características de TIV entre os animais que receberam (COCT) ou não a suplementação do óleo (SOCT). O mesmo foi observado para os animais que não foram transportados, ou seja, não houve diferenças para a TR e características de TIV entre animais dos tratamentos SOST e COST.

Ao comparar os animais que receberam suplementação e que foram (COCT) ou não transportados (COST), observou-se que a TIV da fronte do tratamento COCT (27,8 °C) foi menor ($p<0,01$) do que aquela dos animais do tratamento COST (32,1 °C). O mesmo foi observado para as demais áreas corporais (TIV costela, garupa e olho), ou seja, animais transportados e que receberam suplementação de óleo (COCT) apresentaram temperaturas menores ($p<0,01$) comparados aos que também foram suplementados, porém permaneceram no confinamento (COST).

Padrão semelhante foi observado ao comparar os animais que não receberam suplementação e que foram (SOCT) ou não transportados (SOST), ou seja, animais transportados apresentaram temperaturas corporais (TIV e TR) menores ($p<0,01$) do que animais não transportados (Tabela 5).

De forma mais ampla, observou-se menor temperatura corporal (TIV e TR) para os animais que foram transportados em comparação com animais não transportados, independente de terem recebido ou não o suplemento com óleo.

Os dados meteorológicos durante a fase do confinamento indicaram que a TBS média nesse período foi de 21,3 °C, com TBS mínima de 4,7°C e máxima atingindo 37,4°C. A UR, TPO e o ITU também foram mensurados, conforme observa-se na Tabela 7.

Tabela 7. Estatística descritiva dos dados meteorológicos registrados durante confinamento.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
TBS	21,3	5,94	4,7	37,4
UR	68,5	18,83	22,8	97,1
TPO	14,6	3,75	2,8	23,1
ITU	67,8	6,75	46,9	85,1

Temperatura do bulbo seco (TBS); umidade relativa (UR); temperatura de ponto de orvalho (TPO) e índice de temperatura e umidade (ITU), segundo Yousef (1985).

Durante a fase do confinamento (99 dias), o CMS e a temperatura corporal (TR e TIV) também foram avaliados (Tabela 8). Nessa fase, não foi observado efeito do suplemento (ADT), transporte ou interação para a característica de CMS. No entanto, dentro do grupo de animais que foram transportados, observou-se um valor

numérico maior no CMS para os animais que receberam suplemento com óleo comparado aos que não receberam (COCT e SOCT, 10,7 kg/d e 10,0 kg/d, respectivamente). Da mesma forma, para o grupo de animais que não foram transportados também se observou um consumo numericamente maior para os animais que receberam óleo comparado aos que não receberam óleo (SOST e COST, 10,7 kg/d e 11,3 kg/d).

Ainda sobre o CMS, embora não tenha sido observado efeito do transporte, para essa característica conforme mencionado, destaca-se que ao comparar os animais que foram transportados ou não e que receberam suplementação, observou-se CMS numericamente menor para os animais que foram transportados comparados aos animais que não foram transportados (COCT = 10,7 kg/d; COST = 11,3 kg/d). O mesmo foi observado para os animais que foram transportados e não receberam óleo, ou seja animais transportados e que não receberam suplementação de óleo apresentaram CMS menor comparado aos que não foram transportados (SOCT = 10,0 kg/d; SOST = 10,7 kg/d).

Tabela 8. Dados de desempenho e temperatura corporal do animais no período de confinamento.

Item	Sem Transporte		Transporte		EPM	p-valor		
	SO	CO	SO	CO		ADT	TRA	ADT x TRA
CMS (kg/d)	10,7	11,3	10,0	10,7	0,30	0,23	0,10	0,41
TR (°C)	39,0	39,1	38,8	38,8	0,10	0,73	0,01	0,26
FR (mov/min)	23,1	23,3	21,6	22,7	0,63	0,31	0,10	0,51
TIV (°C)								
Olho	35,3	35,3	35,4	35,2	0,20	0,60	0,85	0,67
Fronte	29,6	29,6	28,8	29,2	0,36	0,66	0,11	0,59
Costela	31,7	31,2	31,1	31,5	0,24	0,84	0,49	0,09
Garupa	32,0	31,5	31,3	31,6	0,30	0,74	0,31	0,27

Consumo de matéria seca (CMS); temperatura retal (TR); frequência respiratória (FR) e termografia de infravermelho (TIV).

Os efeitos de transporte, aditivo e interação sobre as características de TR, TIV e FR, não foram significativos, com exceção da característica TR, a qual apresentou efeito do transporte.

Dentro do grupo de animais que foram transportados observou-se TR semelhantes para ambos os grupos de suplementação (COCT e SOCT= 38,8 °C). Da

mesma forma, para o grupo de animais que não foram transportados (SOST e COST) não foi observada diferença na TR dos animais.

No entanto, ao comparar os animais que foram transportados ou não e que receberam suplementação, observou-se TR maior ($P < 0,01$) para os animais que não foram transportados (COST = 39,1 °C) comparado com os animais que foram transportados (COCT 38,8 °C). O mesmo foi observado para os animais que não receberam óleo e foram transportados (SOCT = 38,8 °C) e os que não foram transportados (SOST = 39,0). Dessa forma, animais transportados, tendo recebido suplementação de óleo ou não, apresentaram TR menor ($P < 0,01$) comparado aos que não foram transportados.

Para as características de TIV e FR não foram observadas diferenças, seja para os animais transportados ou não, assim como para os animais suplementados ou não com óleo.

De forma mais ampla, para a TR não foi observado efeito para a suplementação com OE ($p = 0,71$), porém houve efeito de transporte ($p < 0,01$), ou seja, o processo do transporte pode ter influenciado a variação dessa característica. Porém, as avaliações fisiológicas na fase do confinamento também devem ser observadas sobre o ponto de visto do ambiente térmico presente durante essa fase, uma vez que esse é um efeito que deve ser considerado sobre as características de TIV, FR e TR.

A fim de estabelecer as associações entre as temperaturas de superfície corporal, TR e FR entre si e com o ambiente (TBS e ITU), foram realizadas as correlações de Pearson entre elas (Tabelas 9 e 10). TBS apresentou correlações boas e positivas com as regiões do corpo mensuradas, com exceção da TIV da área ocular (0,25) e FR (0,37), sendo as menores dentre as avaliações. A TIV da frente foi a melhor correlacionada com a TBS (0,76), seguido pela TR (0,66), costela (0,61) e garupa (0,37). Em relação ao ITU, segue a mesma tendência, porém apresenta correlações positivas melhores comparadas à TBS (Tabela 9).

Tabela 9. Matriz de correlação entre as temperaturas de infravermelho (TIV), temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), temperatura de bulbo seco (TBS) e índice de temperatura e umidade (ITU).

	Termografia de infravermelho				TR	FR
	Olho	Fronte	Costela	Garupa		
TBS	0,25	0,76	0,61	0,59	0,66	0,37
ITU	0,31	0,78	0,65	0,63	0,69	0,33

A correlação de Pearson entre as TIV e as variáveis TR e FR apresentaram, também, correlações positivas (Tabela 10). A TIV da frente (0,58) observou estar melhor correlacionado com a TR comparada com as demais variáveis. Contudo, as TIV da costela (0,5) e garupa (0,49), também apresentaram correlações moderadas. A FR apresentou fracas correlações com as variáveis de TIV, sendo a frente a melhor correlação entre elas (0,25).

Tabela 10. Matriz de correlação entre as temperaturas de infravermelho (TIV) e as variáveis fisiológicas, temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR).

	Termografia de infravermelho			
	Olho	Fronte	Costela	Garupa
TR	0,28	0,58	0,5	0,49
FR	0,1	0,25	0,13	0,12

Os comportamentos diários do ambiente climático (TBS), TR, FR e características de TIV dos animais transportados ou não e com suplementação de óleo ou não foram avaliados durante o confinamento.

Para a TR, na primeira coleta após o desembarque dos animais, observou uma diferença ($p < 0,01$) entre os animais transportados (CT) ou não (ST), como já discutido anteriormente. Nos dias 13 e 26 também foram observadas diferenças significativas entre tratamentos ($p = 0,05$ e $p < 0,05$, respectivamente). No dia 13, a TR para animais pertencentes ao tratamento CT foi de 38,8 °C e de 39,1 °C para ST. Nesse mesmo dia, a TBS média foi de 25,0 °C. No dia 26 observou TR de 38,4 °C para o tratamento CT e 38,7 °C para ST, com TBS média de 17,0 °C (Figura 8). Nos demais dias de avaliação a variação da TR para os dois tratamentos foram semelhantes, observando que tal variação acompanhou a variação da TBS ao longo dos dias, sendo que quando a TBS subiu, a TR também subiu.

Figura 8. Gráfico representativo da temperatura do bulbo seco e da temperatura retal dos tratamentos sem transporte (ST) e com transporte (ST).

As TIV da TR para os animais que receberam suplementação com OE ou não, independente de terem sido transportados ou não, apresentaram comportamentos semelhantes entre si (Figura 9). Porém, não foram observadas diferenças entre os dias das coletas.

Figura 9. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da temperatura retal dos tratamentos sem óleo (SO) e com óleo (CO).

Em relação a variação da FR para os animais transportados ou não e suplementados ou não, apresentaram comportamentos semelhantes (Figura 10 e 11). Tal variação acompanhou a variação da TBS ao longo dos dias, sendo que quando a TBS subiu, a FR também subiu.

Figura 10. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da frequência respiratória medida em movimentos por minuto dos tratamentos sem transporte (ST) e com transporte (CT).

Figura 11. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da frequência respiratória medida em movimentos por minuto dos tratamentos sem óleo (SO) e com óleo (CO).

Igualmente para TIV da área ocular, não foi observado efeito da suplementação com OE ou para efeito de transporte. Destaca-se que no dia 21, a TIV da área ocular apresentou menor temperatura relacionada aos demais dias de coleta (30,5 °C e 30,0 °C para CT e ST, respectivamente (Figura 12). A TBS registrada para esse dia foi de 24,4 °C. O mesmo foi observado para os animais suplementados ou não, apresentado TIV da área ocular de 30,2 °C e 30,3 °C, respectivamente (Figura 13).

Figura 12. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da área ocular dos tratamentos sem transporte (ST) e com transporte (CT).

Figura 13. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da área ocular dos tratamentos sem óleo (SO) e com óleo (CO).

Para TIV da frente, costela e garupa não foram observados efeitos da suplementação com OE ($p=0,66$, $p=0,84$ e $p=0,31$, respectivamente) e do transporte ($p=0,11$, $p=0,49$ e $p=0,31$, respectivamente) durante o período de confinamento.

A TIV da área da frente foi a que apresentou maior correlação com a TBS, dentre as demais TIV (Tabela 9), e isso pode ser observado nas Figuras 14 e 15, na qual está demonstrado que conforme a TBS se elevou, nos dias 13, 21 e 54, ou reduziu, nos dias 6 e 26 por exemplo, a TIV da Frente acompanhou essa variação.

Figura 14. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da frente dos tratamentos sem transporte (ST) e com transporte (CT).

Figura 15. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da frente dos tratamentos sem óleo (SO) e com óleo (CO).

O comportamento da TIV da costela para os animais que foram transportados ou não, independente do grupo de suplementação, foram bastante semelhantes, e a exemplo do que ocorreu com a TIV do olho, com exceção do dia 21 sua variação acompanhou a variação da TBS (Figura 16).

Figura 16. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da costela dos tratamentos sem transporte (ST) e com transporte (CT).

As TIV da costela para os animais que receberam suplementação com OE ou não, independente de terem sido transportados ou não, também apresentaram comportamentos semelhantes entre si (Figura 17). Da mesma forma como ocorreu com a TIV do olho e da costela para o grupo de animais que foram transportados ou não, com exceção do dia 21, essa temperatura corporal acompanhou a variação da TBS.

Figura 17. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da costela dos tratamentos sem óleo (SO) e com óleo (CO).

O comportamento da TIV da garupa para os animais que foram transportados ou não, independente do grupo de suplementação, foram bastante semelhantes, e a exemplo do que ocorreu com a TIV da costela, frente e olho (com exceção do dia 21), sua variação acompanhou a variação da TBS (Figura 18). Da mesma forma ocorreu para os animais suplementados ou não, independente do transporte (Figura 19).

Figura 18. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da garupa dos tratamentos sem transporte (ST) e com transporte (CT).

Figura 19. Gráfico representativo da temperatura de bulbo seco e da termografia de infravermelho da garupa dos tratamentos sem óleo (SO) e com óleo (CO).

A associação entre o CMS e o ambiente térmico foi avaliada por meio de suas correlações (Tabela 11). As correlações foram estabelecidas de acordo com os tratamentos, SOST, SOCT, COST e COCT e por meio dos parâmetros médios, mínimos e máximos de TBS e ITU. De forma geral o CMS e as características de ambiente foram correlacionadas negativamente, indicando que o aumento da TBS e do ITU esteve associado com a redução do CMS. As maiores correlações de CMS foram observadas entre os parâmetros mínimos de TBS e ITU para os tratamentos com COST (-0,54 e -0,56, respectivamente) e COCT (-0,52 e -0,53, para TBS e ITU respectivamente). Considerando a TBS mínima como melhor correlacionada negativamente com o CMS, observa-se uma diminuição do consumo de matéria seca quanto maior a temperatura mínima do ar (Figura 20).

Tabela 11. Matriz de correlação entre temperatura de bulbo seco (TBS), índice de temperatura e umidade (ITU) e consumo de matéria seca.

	Consumo de Matéria Seca (kg/dia)			
	SOST	SOCT	COST	COCT
TBS _{mín}	-0,31	-0,32	-0,54	-0,52
TBS _{máx}	-0,06	-0,01	-0,05	-0,01
TBS _{méd}	-0,23	-0,19	-0,37	-0,34
ITU _{mín}	-0,32	-0,33	-0,56	-0,53
ITU _{máx}	-0,15	-0,13	-0,22	-0,17
ITU _{méd}	-0,28	-0,27	-0,46	-0,43

Figura 20. Comparação entre a média do consumo de matéria seca (kg/dia) e temperatura de bulbo seco mínimo (°C) em função dos dias de confinamento durante o experimento.

6. Discussão

Não foi registrado efeito do OE entre tratamentos na fase de transporte, especificamente no desembarque dos animais. Anteriormente, os animais dos tratamentos COST e COCT foram submetidos a um período de alimentação de 41 dias suplementados com OE. Os dados demonstram que esse período não foi suficiente para atestar a eficácia dos OE sob as características de estresse térmico durante a fase de transporte. Contudo, pode-se observar TBS acima de 29 °C durante o período de viagem, indicando um ambiente potencialmente estressante para o animal (Figura 6). Analisando pelo ITU, também houve picos onde se observaram valores elevados (Figura 7). Segundo Kumar et al. (2019), valores acima de 78 é o suficiente para causar estresse térmico, desencadeando uma série de respostas termorregulatórias, como elevação da frequência cardíaca e respiratória. Porém, pode-se inferir que houve condições para resfriamento do corpo dentro dos vagões com a circulação do ar durante o movimento do caminhão, indicando que os efeitos registrados na temperatura corporal após o desembarque foram causados pelo estresse de transporte unicamente.

Segundo Theurer et al. (2013), temperatura do ar iguais ou acima de 30 °C durante o transporte pode ser prejudicial para os animais, podendo causar mudanças comportamentais, perda de peso e diminuição de temperatura superficial. Conforme

esperado, o comportamento em relação as horas de viagem da TBS e ITU são semelhantes, com picos por volta de 12h00 para o caminhão 1 e 16h00 para o caminhão 2, comparando os gráficos das Figuras 6 e 7.

Apesar dos picos de TBS ou ITU apresentarem em diferentes momentos do tempo entre caminhões, não houve efeito de caminhão entre as variáveis meteorológicas e fisiológicas. Essa diferença pode ser explicada devido a diferentes rotas percorridas ou paradas durante o trajeto. Segundo Van Engen e Coetze (2018), a ventilação dentro dos compartimentos que transportam os animais está ligada com a movimentação do caminhão. Se o caminhão estiver parado, provavelmente não haverá circulação do ar dentro do compartimento, ou seja, dificilmente ocorre troca de calor por convecção em comparação a um caminhão em movimento, deixando condições do ar estagnadas.

Ao avaliar os animais sem transporte (SOST e COST) durante o período de transporte, observou TR acima de 39,3° C (Tabela 5). Segundo Costa et al. (2018), acima desse limite pode-se considerar que os animais estão passando por estresse térmico. De fato, foram identificadas no confinamento TBS de 30,8 °C, acima do limite de conforto para animais da raça Nelore (BAÊTA e SOUZA, 1997; SILANIKOVE, 2000), influenciando na elevada TR registrada.

Quanto aos animais do tratamento SOCT e COCT apresentaram TR dentro do considerado normal (ROBINSON, 2004; MCMANUS et al., 2009). Contudo, pode-se sugerir que, apesar dos vagões de transporte apresentaram TBS/ITU acima da temperatura de conforto térmico, o ambiente noturno após o desembarque e, portanto, antes da coleta de TR no dia seguinte, pode ter contribuído para o restabelecimento de algum possível estresse térmico durante a viagem. Embora dentro dos níveis considerados normais, observou-se uma menor ($p<0,01$) TR após o desembarque para os animais transportados comparados ao período anterior. Resultados similares foram observados em estudos anteriores (THEURER et al., 2013; BURDICK et al., 2010). Segundo Burdick et al. (2010), em estudo feito com touros Brahman transportados em trailer, a menor TR observada está ligada com o período de estresse causado pelo transporte. No estudo supracitado, a TR foi registrada remotamente com dispositivo *data logger* e observou-se um aumento da TR nos primeiros 30 min de transporte, diminuindo e permanecendo baixo durante o restante do período, sugerindo que os animais provavelmente foram capazes de se resfriarem com o ar circulante e se aclimataram dentro do trailer.

As temperaturas observadas pelas TIV da frente, costela e garupa demonstram diferença de temperatura entre os tratamentos com transporte e sem transporte, ou seja, os animais transportados apresentaram menor temperatura de superfície em relação aos animais que permaneceram no confinamento. As temperaturas reduzidas observadas nas imagens térmicas após o período de desembarque em relação ao período anterior ao embarque podem estar mais relacionadas com as condições de estresse pelo manejo do transporte do que pelo estresse causado pelo ambiente climático dos vagões. Dessa forma as temperaturas de superfície corporal podem estar relacionadas ao redirecionamento da circulação sanguínea para o núcleo do corpo em resposta ao estresse por longas horas de transporte. O estresse causado devido ao manejo relacionado ao transporte, desde o embarque ao desembarque, eventualmente pode ativar o sistema nervoso simpático, liberando catecolaminas pela medula adrenal, desencadeando uma série de eventos no organismo, como aumento do débito cardíaco, mobilização de glicogênio hepático e dos ácidos graxos livres dos adipócitos e aumento da concentração de glucagon vasodilatação das arteríolas do músculo esquelético e vasoconstrição periférica. Uma cascata de eventos para o exercício da “luta ou fuga”. A diminuição da temperatura de superfície está diretamente ligada com a constrição dos vasos periféricos. Desse modo, o calor endógeno produzido não é conduzido para a superfície da pele por meio do fluxo sanguíneo, alterando o calor radiado capturado pelas imagens térmicas (STEWART et al., 2007).

Com o presente estudo, foi possível constatar um padrão similar da temperatura do ar com as TSC ao longo dos dias das coletas, reforçando a utilização da câmera termográfica para identificação do estresse térmico. Martello et al. (2010), encontraram padrões similares em vacas holandesas, com correlações positivas para temperatura auricular (0,72), temperatura da vulva (0,72), temperatura da calda (0,66) e TR (0,64). Em linhas gerais, comparado à temperatura do ar, o ITU obteve melhor correlação com as variáveis analisadas no atual estudo, com exceção da FR, apresentando 0,37 para temperatura do ar. Isso demonstra melhor precisão e utilizar o ITU para avaliar o estresse térmico ao qual os animais estão submetidos. Salles et al. (2016), em estudo com vacas Jersey, encontrou boa correlação das imagens térmicas com o ITU, principalmente com a TIV da frente (0,81), o mesmo encontrado no atual estudo.

Durante o confinamento não foram identificadas médias de temperatura do ar consideradas acima o conforto térmico (29 °C) para bovinos de corte (BAÊTA e SOUZA, 1997; SILANIKOVE, 2000). Mas médias de TR durante essa fase foram abaixo de 39,1 °C para todos os tratamentos, indicando normalidade na temperatura corporal (COSTA et al., 2018). Esse resultado pode sugerir que sob condições de temperaturas próximas de 29 °C, que não é considerada uma situação de estresse extremo, o uso de suplementação de óleo não contribui sobre as características de termorregulação.

Contudo, foi possível avaliar o comportamento do consumo de matéria seca em relação à temperatura do ar durante todo o período do confinamento. Observou-se uma correlação negativa entre CMS e TBS, indicando que conforme a TBS se elevou, o consumo de matéria seca diminuiu. Considerando a influência das condições meteorológicas sob a temperatura corporal dos animais (MARCHESINI et al., 2018; SUMMER et al., 2019), conforme eleva a temperatura do ar, os animais tendem a se alimentar menos, principalmente de dietas mais energéticas (concentradas) como mecanismo para manter a homeostase. Devido a sua fermentação pelo rúmen, dietas com elevado nível de concentrado produzem maior calor metabólico. MADER, GAUGHAN e YOUNG (1999) analisaram o consumo de diferentes dietas (40, 25, e 10% de volumoso) para bovinos Hereford em ambientes com condições termoneutras e quentes (entorno de 22 °C a 38 °C), observando menor CMS conforme o aumento da temperatura corporal associado ao menor nível de volumoso. No presente estudo, não foi avaliado a temperatura corporal simultaneamente ao CMS, apenas durante os dias das coletas. Portanto, é possível avaliar uma correlação negativa entre condições ambientais (TBS e ITU) e CMS, em concordância com trabalhos anteriores (MADER; GAUGHAN e YOUNG, 1999; St-PIERRE et al., 2003; NARDONE et al., 2010; MAGRIN et al., 2017).

7. Conclusão

Não foram encontrados efeitos esperados da suplementação com óleos essenciais em relação a termorregulação dos animais. Pode-se sugerir que a fase de transporte é responsável por um estresse fisiológico, sendo observado uma menor temperatura de superfície e TR nos animais transportados. Pelos dados meteorológicos coletados dentro dos vagões dos caminhões, observou-se temperaturas do ar elevadas indicando que mesmo sob as elevadas temperaturas não foram observadas temperatura corporal ou FR elevadas. Provavelmente, a circulação de ar dentro dos vagões favoreceu a manutenção das temperaturas corporais em níveis normais. Durante o confinamento, novamente não foram encontrados efeitos de óleos essenciais sobre as respostas termorregulatórias, possivelmente devido aos animais não experimentarem temperaturas médias do ar acima elevadas. Contudo, observou-se claramente uma associação negativa entre o consumo de matéria seca e a temperatura do ar.

Referências

- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. **Ambiência em edificações rurais**: conforto animal. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.
- BLAZQUEZ, N.B., LONG, S.E., MAYHEW, T.M., PERRY, G.C., PRESCOTT, N.J., WATHES, C.M., 1994. Rate of discharge and morphology of sweat glands in the perineal, lumbodorsal and scrotal skin of cattle. **Res. Vet. Sci.** 57, 277–284.
- BROWN-BRANDL, T. M. et al. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, v. 28, n. 2, p. 149–157, fev. 2003
- BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A. Heat stress risk factors of feedlot heifers. **Livestock Science**, v. 105, n. 1–3, p. 57–68, 2006.
- CALSAMIGLIA, S. et al. Invited Review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 2580–2595, 2007.
- CANAES, T. S. et al. Influência do transporte e mudança de local de manejo nas variáveis fisiológicas e produtivas de cabras Alpinas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 4, p. 935–940, ago. 2009.
- CARVALHO, M. E. et al. Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1318–1324, mar. 2014.
- COLLIER, R. J., and K. G. GEBREMEDHIN. 2015. Thermal biology of domestic animals. **Annu. Rev. Anim. Biosci.** 3:513–532. doi:10.1146/annurev-animal-022114-110659
- COLLIER, R. J., B. J. RENQUIST, and Y. XIAO. 2017. A 100-year review: stress physiology including heat stress. **J. Dairy Sci.** 100:10367–10380. doi:10.3168/jds.2017-13676
- COLLIER, R. J. et al. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 12–19, 3 jan. 2019.
- COSTA, C. C. M. et al. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. **Journal of Thermal Biology**, v. 74, p. 317–324, 1 maio 2018.
- DIAS FILHO, A. **Técnicas aplicadas para o confinamento de bovinos**. 2011. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- DIAS, J. D. L. et al. Yeast culture increased plasma niacin concentration, evaporative heat loss, and feed efficiency of dairy cows in a hot environment. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 7, p. 5924–5936, 1 jul. 2018.
- DUNSHEA, F. R. et al. Amelioration of thermal stress impacts in dairy cows. **Animal**

Production Science, v. 53, n. 9, p. 965, 2013.

DURMIC, Z.; BLACHE, D. Bioactive plants and plant products: Effects on animal function, health and welfare. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, p. 150–162, 2012.

FIKE, K.; SPIRE, M. F. Transportation of Cattle. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, v. 22, n. 2, p. 305–320, 2006.

FINCH, V. A. An assessment of the energy budget of boran cattle. **Journal of Thermal Biology**, v. 1, n. 3, p. 143–148, 1976.

FUQUAY, J. W. Heat Stress as it Affects Animal Production. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 1, p. 164–174, 1 jan. 1981.

GAUGHAN, J. B. Respiration rate - Is it a good measure of heat stress in cattle? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 13, n. SUPPL. C, p. 329–332, 2000.

GAUGHAN, J. B. et al. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 617–627, nov. 2010.

HAHN, G. L. Environmental Management for Improved Livestock Performance, Health and Well-being. **Japanese Journal of Livestock Management**, v. 30, n. 3, p. 113–127, 9 mar. 1995.

HANSEN, P. . Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82–83, p. 349–360, 1 jul. 2004.

HORI, T.; TSUZUKI, S. Thermoregulation in adult rats which have been treated with capsaicin as neonates. **Pflügers Archiv European Journal of Physiology**, v. 390, n. 3, p. 219–223, 1981.

HUERTAS, S. M. et al. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. **Animal Welfare**, v. 19, n. 3, p. 281–285, 2010.

HUTCHINSON, J. C.; BROWN, G. D. Penetration of cattle coats by radiation. **Journal of applied physiology**, v. 26, n. 4, p. 454–464, 1969.

KNÍZKOVÁ, I. et al. Applications of Infrared Thermography in Animal Productions. **Anadolu Journal of Agricultural Sciences (Turkey)**, v. 22, n. 3, p. 329–336, 2007.

KNOWLES, T. G. A review of the road transport of cattle. **Veterinary Record**, v. 144, n. 8, p. 197–201, 1999.

KUMAR, J. et al. Dynamics of heat-shock proteins, metabolic and endocrine responses during increasing temperature humidity index (THI) in lactating Haryana (Zebu) cattle. **Biological Rhythm Research**, v. 00, n. 00, p. 1–17, 2019.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.

LOSADA-ESPINOSA, N. et al. Pre-slaughter cattle welfare indicators for use in commercial abattoirs with voluntary monitoring systems: A systematic review. **Meat Science**, v. 138, n. August 2017, p. 34–48, 2018.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. M. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle 1 , 2. **Global Environmental Change**, p. 712–719, 2006.

MADER, T. L.; GAUGHAN, J. B.; YOUNG, B. A. Feedlot Diet Roughage Level for Hereford Cattle Exposed to Excessive Heat Load. **Professional Animal Scientist**, v. 15, n. 1, p. 53–62, 1999.

MAGRIN, L., M. BRSCIC, I. LORA, C. RUMOR, L. TONDELLO, G. COZZI, and F. GOTTARDO. 2017. Effect of a ceiling fan ventilation system on finishing young bulls' health, behaviour and growth performance. **Animal** 11:10841092. doi:10.1017/S1751731116002482

MARCHESINI, G., M. CORTESE, D. MOTTARAN, R. RICCI, L. SERVA, B. CONTIERO, S. SEGATO, and I. ANDRIGHETTO. 2018. Effects of axial and ceiling fans on environmental conditions, performance and rumination in beef cattle during the early fattening period. **Livest. Sci.** 214:225–230. doi:10.1016/j.livsci.2018.06.009

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**, v. 54, n. 6, p. 647–652, 12 nov. 2010.

MARTELLO, L. S. et al. Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 1, p. 173–181, 13 jan. 2016.

MASTELARO, A. P. **Parâmetros fisiológicos e tricológicos na avaliação do conforto térmico em bovinos de corte**. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MCMANUS, C. et al. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, n. 3, p. 256–264, 2009.

MOTA, L.S. 1997. **Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. Ribeirão Preto**, Tese (Doutorado), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. 69 pp.

NAKAMURA, K., and S. F. MORRISON. 2008. A thermosensory pathway that controls body temperature. **Nat. Neurosci.** 11:62–71. doi:10.1038/nn2027

NARDONE, A., B. RONCHI, N. LACETERA, M.S. RANIERI, and U. BERNABUCCI. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livest. Sci.** 130:57–69. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011

NAY, T.; HAYMANI, R. H. Sweat glands in zebu (*Bos indicus* L.) and european (*B. taurus* L.) cattle i. size of individual glands, the denseness of their population, and their depth below the skin surface. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 5, p. 482–492, 1956.

OH, J. et al. Effects of dietary Capsicum oleoresin on productivity and immune responses in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 6327–6339, 2015.

OH, J. et al. Effects of rumen-protected Capsicum oleoresin on immune responses in dairy cows intravenously challenged with lipopolysaccharide. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1902–1913, 2017.

OH, J. et al. Immune and production responses of dairy cows to postruminal supplementation with phytonutrients. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7830–7843, 2013.

PINHEIRO, A. DA C. et al. **Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical**. [s.l.] Universidade Federal da Paraíba, 2015. v. 36.

PORCIONATO, M.A.F.; NEGRÃO, J.A.; LIMA, M.L.P. Produção de leite, leite residual e concentração hormonal de vacas Gir x Holandesa e Holandesa em ordenha mecanizada exclusiva. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, p.820-824, 2005.

ROBINSON, N. E. Homeostase, Termorregulação. In: CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan. 2004: 550-561.

ROMERO, M. H. et al. Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. **Meat Science**, v. 95, n. 2, p. 256–263, 2013.

RUSHEN, J.; MUNKSGAARD, L.; MARNET, P.G. et al. Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. **Applied Animal Behaviour Science**, v.73, p.1-14, 2001.

SALLES, M. S. V. et al. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v. 62, p. 63–69, 1 dez. 2016.

SHWARTZ, G. et al. Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 3, p. 935–942, 2009.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1–2, p. 1–18, 1 dez. 2000.

SILVA, R.B. **Suplementação de vacas leiteiras com óleos essenciais**. 2017. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

SOUZA, K. A. DE et al. Effects of diet supplementation with clove and rosemary essential oils and protected oils (eugenol, thymol and vanillin) on animal performance, carcass characteristics, digestibility, and ingestive behavior activities for Nellore heifers finished in feedl. **Livestock Science**, v. 220, p. 190–195, 1 fev. 2019.

STEWART, M. et al. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiology and Behavior**, v. 92, n. 3, p. 520–525, 2007.

St-PIERRE, N. R., B. COBANOV, and G. SCHNITKEY. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **J. Dairy Sci.** 86 (suppl.):E52–E77. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)74040–5

SUMMER, A. et al. Impact of heat stress on milk and meat production. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 39–46, 3 jan. 2019.

SZOLCSÁNYI, J. Effect of capsaicin on thermoregulation: an update with new aspects. **Temperature** (Austin, Tex.), v. 2, n. 2, p. 277–96, 2015.

THEURER, M. E. et al. Effect of transportation during periods of high ambient temperature on physiologic and behavioral indices of beef heifers. **American Journal of Veterinary Research**, v. 74, n. 3, p. 481–490, 2013.

THOM, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12:57–59. Walsberg, G. E. 1992. Quantifying radiative heat gain in animals. **Am. Zool.** 32:217–224.

TROXEL, T. R.; GADBERRY, M. S.; BECK, P. A. Temperature, relative humidity, and dew point of 6 commercial trailer compartments during summer transportations of beef calves in the mid-South. **Professional Animal Scientist**, v. 32, n. 4, p. 461–469, 2016.

Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WAMBUI, J. et al. Design of trucks for long distance transportation of cattle in Kenya and its effects on cattle deaths. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 16, n. 4, p. 1–15, 2003.

WANG, J. P. et al. Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 9, p. 4121–4127, 2010.

WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; KNOWLES, T.G. et al. The effects on cattle of transport by road for up to fifteen hours. **Veterinary Record**, v.136, p.319-323, 1995.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.

WESCHENFELDER, A. V. et al. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. **Meat Science**, v. 95, n. 3, p. 616–620, 2013.

YOUSEF, M.K. (Ed.), 1985. Stress Physiology in Livestock. **Basic Principles**, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL.