



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Estratégia de suplementação na recria sobre parâmetros fisiológicos de bovinos Nelore em confinamento

ANA ARIELA GUSMÃO VERSIANI

2026

**Estratégia de suplementação na recria sobre parâmetros
fisiológicos de bovinos Nelore em confinamento**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de
Montes Claros, como parte
das exigências do Programa
de Pós-Graduação em
Zootecnia, área de
concentração em Zootecnia
no Semiárido, para obtenção
do título de Mestre.

Orientador
Prof. Dr. Rogério Mendes Murta

Janaúba
2026

Ficha Catalográfica

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

V561e	Versiani, Ana Ariela Gusmão Estratégia de suplementação na recria sobre parâmetros fisiológicos de bovinos Nelore em confinamento [manuscrito] / Ana Ariela Gusmão Versiani – 2026. 46p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2026. Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Mendes Murta. 1. Bovinos de corte. 2. Nelore (Zebu) Alimentação e rações. 3. Suplementação. I. Murta, Rogério Mendes. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título. CDD.636.2130855
-------	---

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

Montes Claros, 27 de fevereiro de 2026.

Ana Ariela Gusmão Versiani

Estratégia de suplementação na recria sobre parâmetros fisiológicos de bovinos Nelore em confinamento

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2026.

Dr. Rogério Mendes Murta/ Presidente/ IFNMG

Dra. Cinara da Cunha Siqueira Carvalho/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Antônio Eustáquio Filho/ Membro Externo/ IFNMG

Dr. Fredson Vieira e Silva/ Membro Interno/ UNIMONTES

JANAÚBA, MINAS GERAIS – BRASIL/2026



Documento assinado eletronicamente por **FREDSON VIEIRA E SILVA, Professor de Educação Superior**, em 27/02/2026, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Tiago Ribeiro Amaro, Coordenador**, em 27/02/2026, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Mendes Murta, Usuário Externo**, em 28/02/2026, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antônio Eustáquio Filho, Usuário Externo**, em 02/03/2026, às 17:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cinara da Cunha Siqueira Carvalho, Professor(a)**, em 27/05/2026, às 16:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **134168138** e o código CRC **50CA5708**.

A Deus, aos meus pais, meus avós e minha irmã.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que em sua infinita bondade me permitiu realizar e concluir mais uma etapa em minha vida acadêmica. À Nossa Senhora Aparecida por interceder por mim junto a Deus pai.

Aos meus pais agradeço por terem sido meu apoio e meu sustendo ao longo de toda minha vida, por todo cuidado, zelo e incentivo. Sem vocês eu nada seria.

À minha irmã, Clara Gusmão Versiani por sempre torcer por mim e me dar incentivos para continuar.

Aos meus amigos agradeço por terem me ouvido nos momentos de angústias e incentivado, em especial, Isadora Swettlana, Patrick e Isis.

Aos meus familiares, agradeço por todo entusiasmo e pela torcida, esse sem dúvidas foi meu combustível.

Não poderia deixar de citar aqui aquele que me mostrou o amor pelo campo e pela pecuária, Vô Guim (*in memorian*), através dele fiz da minha paixão a minha profissão. E a Vó Lieva (*in memorian*), por nunca ter medido esforços para que eu realizasse meus sonhos.

À Universidade estadual de Montes Claros – Unimontes, e a todos os mestres pela contribuição a minha vida acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante minha pós-graduação.

Ao meu orientador Prof. Dr^o Rogério Mendes Murta, pelo excelentíssimo trabalho de orientação, dedicação e apoio a mim durante o período de estudos.

Até aqui o Senhor nos ajudou.

1 Samuel 7

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA	10
RESUMO GERAL	13
GENERAL ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Bovinocultura De Corte no Brasil	13
2.2 Confinamento na Bovinocultura de Corte.....	14
2.4 Efeito do microclima do sistema de confinamento sobre as respostas fisiológicas de bovinos.....	15
2.5 Ambiente x animal x suplementação.....	16
3 REFERÊNCIAS	17
4.1 INTRODUÇÃO.....	21
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.2.1 Declaração de ética	22
4.2.2 Caracterização da localização	23
4.2.3 Período experimental	23
4.2.4 Unidades, condições experimentais, alimentação na recria e terminação em confinamento23	
4.3 Variáveis climáticas.....	25
4.4 Parâmetros fisiológicos.....	27
4.4.1 Frequência Respiratória (FR)	27
4.4.2 Temperatura de superfície corporal	27
4.5 Análise Estatística	28
5 CONCLUSÃO	31
6 AGRADECIMENTOS.....	32
7 REFERÊNCIAS	33
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

TAR – Temperatura do ar
TGN – Temperatura de globo negro
VAR – Velocidade do ar
TPO - Temperatura de ponto de orvalho
ITGU – Índice de temperatura de globo negro e umidade
CTR – Carga térmica radiante
TRM – Temperatura radiante média
UR – Umidade relativa do ar
ZCT – Zona de conforto térmico
SPE – Suplementação proteica-energética
APC – Análise de componentes principais

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ).

Link: <https://rbz.org.br/>

RESUMO GERAL

Versiani, Ana Ariela Gusmão. **Estratégia de suplementação na recria sobre parâmetros fisiológicos de bovinos Nelore em confinamento**. 2026. 47 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG. ¹

Os bovinos são entendidos como animais homeotérmicos, despendendo diretamente de fatores ambientais para equilíbrio térmico. Fora da sua zona de conforto, mecanismos fisiológicos são ativados na tentativa de dissipar calor, o que eleva a frequência respiratória e temperatura de superfície corporal. Objetivou-se avaliar o efeito residual da estratégia de suplementação proteico-energética fornecida na fase da recria sobre os indicadores fisiológicos de termorregulação de bovinos Nelore terminados em confinamento, sob as condições ambientais do semiárido. O experimento foi conduzido na Fazenda São Geraldo, localizada no Instituto Federal do Norte de Minas – IFNMG, campus Janaúba, utilizando 20 bovinos Nelore distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos – 10 repetições cada – baseado no nível de suplementação na recria: SPE1 (0,25% do peso vivo por dia) e SPE2 (0,50% do peso vivo por dia). Avaliaram-se a frequência respiratória por observação visual e temperatura de superfície corporal por câmera termográfica infravermelha, além de variáveis climáticas para o cálculo do índice de temperatura de globo negro. Os dados foram analisados por modelos lineares mistos, utilizando ITGU e velocidade do ar como covariáveis ambientais selecionadas por análise de componentes principais. Animais suplementados na recria com 0,50%PV/dia apresentaram TSC menor na terminação. Ambas variáveis fisiológicas foram influenciadas pelo período do dia, com pico à tarde e menor valor na madrugada. A suplementação proteico-energética na recria reduz a temperatura de superfície corporal dos bovinos na terminação.

Palavras-chave: bovinos, sistemas intensivos, suplementação, termorregulação.

¹Comitê de Orientação: Prof. Rogério Mendes Murta – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador).

GENERAL ABSTRACT

Versiani, Ana Ariela Gusmão. **Supplementation strategy in the rearing phase on physiological parameters of Nelore cattle in feedlots**. 2026. 47 p. Dissertation (Master's in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Cattle are homeothermic animals, directly depending on environmental factors for thermal equilibrium. Outside their comfort zone, physiological mechanisms are activated in an attempt to dissipate heat, which increases respiratory rate and body surface temperature. The objective was to evaluate the residual effect of the protein-energy supplementation strategy provided during the rearing phase on the physiological indicators of thermoregulation in Nelore cattle finished in the feedlot under semi-arid environmental conditions. The experiment was conducted at the São Geraldo Farm, located at the Federal Institute of Northern Minas Gerais – IFNMG, Janaúba campus, using 20 Nelore cattle distributed in a completely randomized design with two treatments – 10 replicates each – based on the supplementation level during rearing: PES1 (0.25% of body weight per day) and PES2 (0.50% of body weight per day). Respiratory rate was evaluated by visual observation and body surface temperature by an infrared thermographic camera, in addition to climate variables to calculate the black globe temperature and humidity index. Data were analyzed using linear mixed models, using BGHI and wind speed as environmental covariates selected by principal component analysis. Animals supplemented during rearing with 0.50% BW/day showed lower BST during finishing. Both physiological variables were influenced by the period of the day, with a peak in the afternoon and the lowest value in the early morning. Protein-energy supplementation during rearing reduces the body surface temperature of cattle during finishing.

Keywords: cattle, intensive systems, supplementation, thermoregulation.

¹Advisory Committee: Prof. Rogério Mendes Murta – Department of Agricultural Sciences/UNIMONTES (Advisor).

1 INTRODUÇÃO GERAL

O rebanho de bovinos brasileiro predominantemente composto por animais zebuínos, reconhecidos pela elevada adaptabilidade às condições tropicais. Entretanto, a intensificação dos sistemas produtivos, com maior adoção do confinamento, expõe os animais a ambientes de maior carga térmica, tornando o estresse por calor um fator relevante para o desempenho e bem-estar (Dian *et al.*, 2020).

Bovinos, por serem homeotermos, dependem de variáveis ambientais como Temperatura do ar, radiação, umidade e velocidade do ar para manter a homeostase térmica. Quando expostos a condições fora da zona de conforto térmico, mobilizam mecanismos fisiológicos de dissipação de calor, incluindo aumento da frequência respiratória e alterações na temperatura corporal (Tavares *et al.*, 2016).

Além dos fatores ambientais, a nutrição exerce papel determinante no balanço térmico, uma vez que o consumo e a composição da dieta influenciam a produção de calor metabólico e, conseqüentemente, a resposta do animal ao estresse térmico. Estratégias nutricionais adotadas em fases anteriores do ciclo produtivo podem, portanto, modular a capacidade adaptativa dos animais ao ambiente de confinamento (Brown-Brandl, 2018).

Diante desse contexto, objetivo-se analisar o efeito residual da suplementação proteico-energética fornecida na fase de recria sobre os indicadores fisiológicos de termorregulação de bovinos Nelore em confinamento, levando em consideração as condições ambientais do sistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bovinocultura de Corte no Brasil

A ascensão da pecuária de corte durante a sua evolução passou por segmentos diferentes da composição da cadeia produtiva, assim havendo a possibilidade de avanços e otimização na produção, contando com o aumento no rebanho efetivo, mercado e o comércio. Estando em constante busca por maiores progressos, houve a necessidade de conscientização de fatores envolvendo manejo, melhoramento genético, sanidade, bem-estar animal e gestão empresarial, ações essas tomadas com a finalidade de alcançar produtos de melhor qualidade da ótica econômica e ambiental (Neves *et al.*, 2022).

O destaque relativo à pecuária de corte brasileira, é dado pelo país possuir o maior rebanho comercial do mundo, sendo também o maior exportador mundial de carne bovina. O sistema pecuário representa 6% do PIB (produto interno bruto) do Brasil, e 30% do PIB do

agroindústria, o que o leva a ser a atividade de grande importância no agronegócio nacional (EMBRAPA, 2024; Carvalho; Zen, 2017).

O aumento da produção de carne bovina ao longo dos anos, sobreveio a partir de diferentes fatores, em especial, o melhoramento genético. Onde se utiliza de diferentes genéticas entre indivíduos de uma mesma raça ou entre raças de uma mesma espécie para se obter uma melhor combinação com ênfase sobre as características de composição corporal, ganho de peso vivo e rusticidade. Concomitantemente as melhorias genéticas, avanços também foram notados com melhorias na nutrição, sanidade e manejo do rebanho (Gomes *et al.*, 2017).

De forma a toar o sistema mais sustentável e organizado diversos países desenvolvidos, tem investido em trabalhos de conscientização e implementação das técnicas de manejo que visam o bem-estar animal. Como consequência direta da adoção do manejo racional, têm-se a facilidade de manejar os animais, ganho de peso e por fim, a melhora na qualidade da carne (Ndou, Muchenje e Chimonyo, 2011).

2.2 Confinamento na Bovinocultura de Corte

A sazonalidade climática e os períodos de seca impõem à pecuária a necessidade de maior eficiência produtiva e econômica no uso da terra. Para garantir regularidade do suprimento de carne nos mercados nacional e internacional, o confinamento consolida-se como uma estratégia essencial, suprimindo a escassez e a baixa qualidade das pastagens em determinadas épocas do (Barbieri, De Carvalho e Sabbag, 2016).

Por meio do confinamento de bovinos de corte, há um aumento significativo na produtividade de arrobas por animal. No Brasil, esse tamanho de área por animal varia de 10 a 12m², contando com tendência de redução, o que implica em maior produtividade por área (Montelli *et al.*, 2019).

Surgindo como alternativa viável, a fim de reduzir o tempo de produção, o sistema de criação de bovinos em confinamentos é descrito como um sistema onde os animais são separados em lotes e alocados em currais ou piquetes delimitados, onde são fornecidos alimentos e água em cochos a céu aberto devido ao menor custo com infraestrutura, mais comumente utilizados na categoria de terminação, fase em que antecede ao abate. (Mendes, Soares e Silva, 2023).

Na fase de terminação dos animais tem-se uma maior preocupação de evitar a perda de peso e deposição muscular reduzida e maior deposição de tecido adiposo na carcaça, com isso é oferecido maior proporção de alimentos concentrados aos animais.

Porém, o sucesso desta fase do confinamento está imediatamente ligada ao progresso das fases anteriores, pois, animais bem terminados são provenientes de manejos saudáveis, animais robustos, com níveis de crescimentos musculares e adiposos para melhor contribuição de um produto de qualidades organolépticas desejáveis (Sousa e Baptista, 2023).

Dado a importância do confinamento na redução de tempo e custo na produção, surge a preocupação com a instalação que devem ser funcionais e que possibilitem um ambiente confortável proporcionando melhor conforto térmico e mitigando o estresse térmico e aumentando o bem-estar e habilidade produtivo (Mota *et al.*, 2017).

2.4 Efeito do microclima do sistema de confinamento sobre as respostas fisiológicas de bovinos

A soma das altas temperaturas do ar, exposição à radiação solar direta e a baixa umidade relativa do ar, promovem um microclima geralmente desfavorável para os animais confinados (Ferreira *et al.*, 2021).

Dos principais efeitos negativos na interação ambiente-animal é a perda de produtividade ocasionado pelo estresse térmico, embora a ambiência não se restrinja apenas ao conforto térmico. A ambiência animal é entendida pelo conjunto de influências externas que atuam indireta ou diretamente sobre os animais, sem obrigatoriamente estar envolvida com fatores genéticos (Alves, Porfírio-da-Silva e Junior, sem data).

As altas temperaturas, umidade do ar e intensa radiação solar estar estreitamente ligas ao estresse térmico, o que implica em dificuldades do animal em manter sua homeotermia, causando perdas significativas na cadeia produtiva, pois compromete o consumo de matéria seca, bem-estar e respostas imunológicas dos animais (Brettas *et al.*, 2024).

Dois sistemas atuam em conjunto para que a termorregulação aconteça, o sistema nervoso e o sistema endócrino, atuando através de fibras sensitivas e levando *feedbacks* ao centro regulador – hipotálamo - para adaptação e manutenção de organismos em diferentes habitats (Souza e Batista, 2012).

Os *feedbacks* controlados pelo hipotálamo, através de impulsos térmicos derivados de diversos tecidos do organismo ativam os mecanismos de termorregulação. Assim, o animal endotérmico mantém a temperatura corporal constante, mesmo com oscilações de temperatura ambiental (Souza *et al.*, 2015).

Para se adaptarem a diferentes tipos de habitats, os animais têm um conjunto de

estratégias para regular a temperatura corporal que permite determinados limites de temperatura, a termorregulação. A temperatura corporal média de bovinos de corte ou de leite é de 38,3°C, podendo variar entre os limites de 37,7 a 39,1°C. Para que consigam manter a temperatura do corpo constante, perder ou produzir calor, são necessárias ações comportamentais, fisiológicas e metabólicas. Com isso pode ser estabelecido zonas de termoneutralidade, a qual se entende sendo uma faixa de temperatura do ambiente em que o calor dissipado pelo animal corresponde ao calor mínimo produzido metabolicamente. Dentro dessa zona, o animal se mantém em parâmetros normais de temperatura corporal (Batista *et al.*, 2015).

2.5 Ambiente x animal x suplementação

O uso de biotecnologias e tecnologias não invasivas podem ser úteis na obtenção de dados confiáveis sem provocar e/ou reduzir o estresse aos animais, além de contribuírem de maneira significativa para o avanço em pesquisas na produção animal e o desenvolvimento de serviços no objetivo de atingir uma pecuária de maior precisão (Leão *et al.*, 2015).

Inerente ao processo produtivo devem ser considerados quando se busca maior eficiência na pecuária fatores nutricionais, fatores ambientais e de manejo. A interação animal-ambiente deve ser considerada quando se busca maior precisão na produtividade, o conhecimento sobre as variáveis climáticas, suas ações sobre a fisiologia e comportamento dos animais, podem ser ponderadas na adequação do sistema de produção, manejo com propósito de maiores objetivos alcançados na atividade pecuária (Roberto *et al.*, sem data).

O impacto do clima sobre a produção e preço dos grãos; produção e qualidade das pastagens; crescimento e reprodução animal, como também na saúde e disposição de parasitas e doenças podem afetar os sistemas de produção animal em regiões tropicais. O conhecimento das mudanças climáticas é fundamental para a adaptação das práticas a serem utilizadas pelos técnicos e pecuaristas, para que seja estudado maneiras de redistribuição, genótipos e raças utilizadas (McManus *et al.*, 2012).

Estudos relacionados a variáveis climáticas e a produção animal, elucidam o efeito do clima sobre os animais, o ITGU é a medida mais utilizada, pois avalia o estresse térmico apresentando alta correlação com o aumento de frequência respiratória, temperatura retal e frequência cardíaca quando expostos a condições ambientais inadequadas (Chang-Fung-Martel *et al.*, 2021).

O animal exerce a sua troca de calor com o ambiente por forma sensível, sendo elas radiação, convecção e condução e calor latente por forma de evaporação cutânea e pela

respiração. Os fatores climáticos e ambientais influenciam diretamente no balanço térmico dos animais, com isso todo elemento que constitui o bioclima que o animal está apresentado influência sobre a temperatura corporal (Santana, Cavali e Modesto, 2014).

Afim de corrigir desequilíbrios de dietas a suplementação proteica melhora a conversão alimentar e permite maior ganhos de peso, com isso diminui o ciclo pecuário. A suplementação proteica aprimora o ambiente ruminal resultando em aumento da ingestão de matéria seca e digestibilidade. A suplementação proteica tende a aumentar o consumo de matéria seca, e pode ser apresentada de três formas ao animal: Proteína não-degradável no rúmen, proteína degradável no rumen e nitrogênio não-proteico (Marques, Oliveira e Carmo, 2010).

Já a suplementação energética pode acarretar redução na ingestão da matéria seca a depender da qualidade da forragem basal, estudos afirmam que dietas com até 0,5% do peso vivo de concentrados energéticos não altera a digestibilidade e o nível da matéria seca; e que dietas com valor excessivo de proteína sem equilíbrio com energético, pode possibilitar perda de nitrogênio pela urina de forma significativa (SALES, 2017).

3 REFERÊNCIAS

- Alves, F.V., Porfírio-da-Silva, V. e Junior, N.K. (sem data) “Bem-estar animal e ambiência na ILPF”.
- Barbieri, R.S., De Carvalho, J.B. e Sabbag, O.J. (2016) “Análise de viabilidade econômica de um confinamento de bovinos de corte”, *Interações (Campo Grande)* [Preprint]. Disponível em: [https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.3\(01\)](https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.3(01)).
- Batista, J.N. *et al.* (2015) “Termorregulação em ruminantes”, (2).
- Becker, C.A., Collier, R.J. e Stone, A.E. (2020) “Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows”, *Journal of Dairy Science*, 103(8), p. 6751–6770. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>.
- Brettas, P.K.D.M. *et al.* (2024) “Knowledge and perception of milk producers about thermal stress in Brazilian dairy farms”, *Heliyon*, 10(4), p. e26115. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26115>.
- Brown-Brandl, T.M. (2018) “Understanding heat stress in beef cattle”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, p. e20160414. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>.
- Carvalho, T.B. de e Zen, S.D. (2017) “A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências”, *Revista IPecege*, 3(1), p. 85–99. Disponível em: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.85>.
- Cattellam, J. (2013) “Estresse térmico em bovinos Termal stress in cattle”.
- Chang-Fung-Martel, J. *et al.* (2021) “Negative relationship between dry matter intake and the temperature-humidity index with increasing heat stress in cattle: a global meta-analysis”, *International Journal of Biometeorology*, 65(12), p. 2099–2109. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02167-0>.
- Dian, P.H.M. *et al.* (2020) “Desempenho zootécnico e financeiro de bovinos confinados com acesso a diferentes áreas de sombreamento e a pleno sol / Zootechnical and financial development of confined bovines with access to different areas of shading and exposed to the sun”, *Brazilian Journal of Development*, 6(12), p. 101646–101664. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-599>.
- Idris, M. *et al.* (2021) “Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle”,

Animals, 11(1), p. 71. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11010071>.

Leão, J.M. *et al.* (2015) “Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão”.

Marques, H.R., Oliveira, M.C. de e Carmo, E.L. do (2010) “Suplementação protéica e energética para bovinos de corte”, *Pubvet*, 4(04). Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2675> (Acesso em: 20 de maio de 2026).

McManus, C. *et al.* (2012) “PECUÁRIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS”, *Revista UFG*, 13(13). Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48455> (Acesso em: 27 de maio de 2024).

Mendes, D.F. de J., Soares, U.G. e Silva, P.L. (2023) “SISTEMAS DE CONFINAMENTO DE BOVINOS DE CORTE SOB A DIETA DE ALTO GRÃO: um estudo de caso em uma fazenda do município de João Pinheiro/MG no ano de 2023”, *Scientia Generalis*, 4(2), p. 407–418. Disponível em: <https://doi.org/10.22289/sg.V4N2A35>.

Montelli, N.L.L.L. *et al.* (2019) “Impactos econômicos do espaço disponível por animal em confinamentos bovinos”, *Semina: Ciências Agrárias*, 40(6Supl3), p. 3665–3678. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3665>.

Moraes, E.R., Ishihara, J.H. e Souza, D.E.S. e (2020) “Efeito do bem-estar e conforto térmico na produção pecuária: uma revisão bibliográfica”, *Research, Society and Development*, 9(9), p. e921997913–e921997913. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7913>.

Mota, V. *et al.* (2017) “Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características”, *Pubvet*, 11(05). Disponível em: <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N5.433-442>.

Ndou, S.P., Muchenje, V. e Chimonyo, M. (2011) “Animal welfare in multipurpose cattle production Systems and its implications on beef quality”, *African Journal of Biotechnology*, 10(7), p. 1049–1064.

Neves, G.V.S. *et al.* (2022) “Bovinocultura de corte no Brasil: uma revisão sistemática de literatura”, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 13(6), p. 277–293. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0022>.

Passini, R. *et al.* (2009) “Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos - DOI: 10.4025/actascianimsci.v31i3.6293”, *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(3), p. 303–

309. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i3.6293>.

Reggiori, M.R. *et al.* (2016) “Precocidade sexual, eficiência reprodutiva e desempenho produtivo de matrizes jovens Nelore e cruzadas”, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, p. 1563–1572. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8933>.

Roberto, J.V.B. *et al.* (sem data) “PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE CAPRINOS DE CORTE SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO”.

Sales, M.F.L. (2017) *Suplementação energética para bovinos de corte em pastos consorciados durante a época seca no Acre*.

Santana, M.C.A., Cavali, J. e Modesto, V.C. (2014) “INFLUÊNCIA DO CLIMA EM ANIMAIS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO”, *Científic@ - Multidisciplinary Journal*, 1(1), p. 86–98. Disponível em: <https://doi.org/10.37951/2358-260X.2014v1i1.776>.

Santos, S.G.C.G. dos (2015) *Transferência de calor latente e comportamento termorregulatório de vacas leiteiras em ambiente tropical*. Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br> (Acesso em: 11 de fevereiro de 2026).

Sousa, L.C. de e Baptista, F.H. (2023) “GESTÃO E AGRONEGÓCIO: GASTOS OPERACIONAIS NO CONFINAMENTO DE BOVINOS”, *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218*, 4(12), p. e4124463. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i12.4463>.

Souza, B.B. de *et al.* (2015) “TERMORREGULAÇÃO EM RUMINANTES”, *AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO*, 11(2), p. 39–46. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v11i2.674>.

Souza, B.B. de e Batista, N.L. (2012) “Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal”, *AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO*, 8(3), p. 06–10. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v8i3.174>.

Sullivan, K.F. e Mader, T.L. (2018) “Managing Heat Stress Episodes in Confined Cattle”, *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 34(2), p. 325–339. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.05.001>.

Tavares, G. *et al.* (2016) “Zoneamento Bioclimático para Bovinos de Corte no Brasil com o Auxílio de Sistemas Inteligentes”, *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 4, p.

116–123. Disponível em: <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p116-123>.

Tosetto, M.R. *et al.* (2014) “Influence of macro-and microclimatic conditions on thermal comfort of dairy cows”, *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(1), p. 6–10. Disponível em: <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v02n01a02>.

Vieira, R.A. *et al.* (2023) “Use of thermography and physiological rate to assess heat tolerance in cattle breeds”, *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), p. 223. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03613-4>.

4 CAPÍTULO 1. Efeito da estratégia de suplementação na recria sobre a temperatura superficial e a frequência respiratória de bovinos Nelore em confinamento

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito residual da suplementação proteico-energética na fase da recria sobre os indicadores fisiológicos de termorregulação de bovinos Nelore em confinamento. O experimento foi conduzido na Fazenda São Geraldo, localizada no Instituto Federal do Norte de Minas – IFNMG, campus Januária, utilizando 20 bovinos Nelore distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos – 10 repetições cada – baseado no nível de suplementação na recria: SPE1 (0,25% do peso vivo por dia) e SPE2 (0,50% do peso vivo por dia). Avaliaram-se a frequência respiratória por observação visual e a temperatura de superfície corporal por câmera termográfica infravermelha, além de variáveis climáticas para o cálculo do índice de temperatura de globo negro. Os dados foram analisados por modelos lineares mistos, utilizando ITGU e velocidade do ar como covariáveis ambientais selecionadas por análise de componentes principais. Animais suplementados na recria com 0,50%PV/dia apresentaram TSC menor na terminação. Ambas variáveis fisiológicas foram influenciadas pelo período do dia, com pico à tarde e menor valor na madrugada. A suplementação proteico-energética na recria reduz a temperatura de superfície corporal dos bovinos na terminação.

Palavras-chave: Ambiente térmico, frequência respiratória, nutrição, termografia.

4.1 INTRODUÇÃO

No semiárido é comum observar animais criados em sistemas intensivos sob condição de céu aberto ou em instalações precárias, essas condições podem desencadear alterações significativas na fisiologia e comportamento dos animais comprometendo a produção animal (Santos, 2015). Em sua grande maioria o rebanho brasileiro é composto por raças zebuínas, destacando a raça Nelore por apresentar adaptação e rusticidade ao meio (Reggiori *et al.*, 2016), relativo a sua maior tolerância ao calor (Cattelan, 2013).

Por via de regra, o estresse térmico nos bovinos é avaliado por meio de aferição da temperatura retal, coleta de amostragem sanguínea, frequência cardíaca, frequência respiratória e análise comportamental (Idris *et al.*, 2021).

A exposição a temperaturas ambientais elevadas impactam negativamente o desempenho animal. Quando expostos a altas temperaturas ambientais, o desempenho animal é influenciado na

ingestão de alimentos, modificando os parâmetros de fermentação ruminal e consequentemente a absorção de nutrientes (Passini *et al.*, 2009).

O calor endógeno é produzido a partir das funções básicas vitais e pela digestão, a quantidade de calor produzida é resultado da qualidade e tipo de alimento consumido. Dietas com baixo teor de volumoso apresentam menor incremento calórico, já dietas ricas em concentrado apresentam maior produção de calor (Moraes, Ishihara e Souza, 2020). Com a digestão e o metabolismo a produção de calor aumenta, o incremento calórico, como é denominado é comprometido sob alta carga térmica quando o animal está incapaz de dissipar calor (Sullivan e Mader, 2018).

A produção científica sobre se a estratégia nutricional na recria para modular a resposta fisiológicas dos bovinos ao ambiente térmico durante o confinamento ainda são limitadas, com isso há também uma escassez de estudos que abordam sobre a interação do histórico nutricional, ambiente térmico e indicadores fisiológicos não invasivos em bovinos de corte.

Utilizada de forma a obter informações importantes, o uso da termografia está em ascensão nos últimos anos, através dela é possível medir as condições térmicas dos animais de forma segura, eficiente e não invasiva (Vieira *et al.*, 2023). A frequência respiratória é uma das alterações visuais mais sensíveis que indica o estresse térmico, sendo uma das primeiras respostas fisiológicas a ter seu aumento nos animais submetidas a estresse térmico. Sua mensuração é uma forma não invasiva e segura de mensuração (Tosetto *et al.*, 2014; (Becker, Collier e Stone, 2020).

Objetivou-se avaliar o efeito residual da suplementação proteico-energética na fase de recria sobre indicadores fisiológicos de termorregulação de bovinos Nelore em confinamento, considerando a exposição às condições ambientais do sistema.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Declaração de ética

A pesquisa foi submetida e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais –(CEUA-IFNMG), número de protocolo 019/2023.

4.2.2 Caracterização da localização

O estudo foi conduzido na Fazenda São Geraldo, no setor de Bovinocultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – IFNMG, na cidade de Januária – Campus de Januária no estado de Minas Gerais, o local está situado entre as coordenadas geográficas em latitude 15°29'17" Sul(S), longitude 44°21'43" Oeste (W) e 448 metros de altitude acima do nível do mar. O clima da região é caracterizado como Aw conforme a classificação climática de Köppen – clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso.

4.2.3 Período experimental

A coleta de dados teve duração de 158 dias, divididos em duas fases, realizado de julho a dezembro de 2023, sendo: fase um recria àa pasto (56 dias), onde os animais permaneceram em dois grupos a pasto durante a recria recebendo suplementações em diferentes níveis de proteico-energético, período de adaptação; e fase dois, onde a coleta de dados foi realizada com a terminação em confinamento (102 dias). Na fase dois, os animais permaneceram no lote de origem recebendo os mesmos níveis da dieta de proteico-energético da recria com 0,25% PV/dia⁻¹ e 0,50% PV/dia⁻¹, ambas realizadas de julho a dezembro.

4.2.4 Unidades, condições experimentais, alimentação na recria e terminação em confinamento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os animais divididos em dois grupos, cada grupo composto por 10 animais, submetidos a 2 tratamentos, com 10 repetições e duas coletas ao longo do período experimental, cada um recebendo um nível de suplementação proteica - energética do mesmo produto conforme composição apresentada na Tabela 1, sendo: **SPE 1:** Suplementação Proteica – Energética, recebendo 0,25% do PV/animal/dia; **SPE2:** Suplementação Proteica – Energética ofertada em 0,50% do PV/animal/dia.

Na fase de recria, o experimento na foi conduzido em uma área de 20 ha constituída de quatro piquetes, cada um abrangendo uma área de 5 ha, com pastagens de *Panicum maximum* cv. Massai, *Cenchrus ciliares* L, - Capim - Buffel e *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Sendo média de proteína bruta dos capins de 2,74% da área de 20 ha, para a área 1, média 2,84%PB; área 2, média 2,67% PB; área 3, média 2,01%PB; área 4, média 3,43%PB. Média de oferta de matéria natural para os níveis 0,5% e 0,25%, respectivamente, a média

de 16,5 ton/ha e 15,7 ton/ha. A infraestrutura contava com praça de alimentação central, bebedouro em material metálico com capacidade de 2.500 litros, cochos para fornecimento de suplemento.

Os animais foram alocados inicialmente em piquetes com área aproximada de cinco hectares cada. Durante os primeiros 28 dias do experimento, foram utilizados dois piquetes manejados em sistema de rodízio. Nesse manejo, os animais eram transferidos entre os dois piquetes a cada sete dias, permitindo que cada lote pastejasse duas vezes no mesmo piquete. Essa estratégia foi adotada para assegurar condições homogêneas de pastejo entre os tratamentos, minimizando possíveis efeitos das diferenças no pasto sobre o desempenho dos animais.

Após o período inicial de 28 dias, os animais foram realocados para dois novos piquetes previamente reservados por um período de 14 dias. Nesse novo ambiente, manteve-se o sistema de rodízio, com transferências realizadas a cada 7 dias. Nesse caso, os bovinos pastejaram uma vez no mesmo piquete até a conclusão desta etapa do experimento.

O fornecimento do suplemento ocorreu diariamente às 09h00, utilizando cochos confeccionados a partir de tambores plásticos, com duplo acesso, profundidade de 30 cm e dimensionamento linear de 40 cm por animal. Esses cochos foram instalados a 60 cm do solo. As quantidades de suplemento fornecidas em cada piquete e as sobras remanescentes do dia anterior foram pesadas diariamente, permitindo o monitoramento de consumo.

Os animais foram submetidos a três pesagens durante esta fase experimental: a primeira no início do período de avaliação, a segunda aos 28 dias, para ajuste na quantidade de suplemento fornecida, e a terceira aos 42 dias ao final desta fase experimental.

A fase dois, ou seja, a experimental ocorreu com os animais alocados no sistema de confinamento e um de terminação. Foi conduzida em confinamento convencional, onde os animais foram mantidos em currais, recebendo alimentação e água à vontade. Neste período, com duração total de 102 dias, foi realizado entre os meses de setembro e dezembro, sendo subdividido em 21 dias de adaptação e 81 dias de coleta de dados.

Na fase de terminação todos os animais provenientes da fase de recria, foram pesados e alocados em dois currais coletivos, com peso vivo inicial (PVI) médio de 335,50kg. Cada curral possuía dimensões de 12 metros de largura por 25 metros de comprimento, com bebedouro em alvenaria capacidade de 1000 litros, o qual era abastecido por gravidade controlado por boia. O comedouro também em alvenaria, situado na lateral menor do curral de confinamento, acessível apenas por um dos lados, com o mínimo de 0,70 metros linear por animal, sendo pavimentado pelo lado onde os animais tinham acesso, coberto e o curral

possuía também cocho para sal mineral (Figura 1). Cada curral abrigava 10 animais, mantendo os mesmos indivíduos de cada tratamento utilizados durante a fase de recria, realizada à pasto.

Os dois tratamentos foram submetidos a um único plano nutricional, uma dieta composta por silagem de milho como fonte de volumoso, complementada com milho fubá e balanceador proteico na proporção de 70% de milho fubá e 30% de concentrado, conforme composição apresentada na Tabela 2, oferecida *ad libitum* sendo administrada duas vezes ao dia, sendo 50% às 8h00 e 50% às 15h00.

A adaptação dos animais à dieta foi realizada gradativamente, com alterações a cada três dias, até alcançar a dieta definitiva no início do período de coleta de dados. Essa fase de adaptação teve duração de 21 dias, seguida por 81 dias de coleta de dados, totalizando 102 dias de experimento. Após a fase de adaptação, os animais receberam exclusivamente uma dieta formulada para atender às suas exigências nutricionais de manutenção e ganho de 1,6 kg/dia, com uma relação volumoso: concentrado de 50:50 na base de matéria seca (MS).

Diariamente antes do primeiro trato, os cochos eram limpos, e as sobras do dia anterior eram recolhidas e pesadas. Amostras das sobras foram coletadas diariamente, enquanto amostras da dieta fornecida foram coletadas semanalmente. Após a pesagem, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer para posterior análise bromatológica no laboratório da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

O consumo de matéria natural (MN) foi determinado pela diferença entre a quantidade de alimento fornecida e as sobras coletadas diariamente. O consumo de matéria seca (CMS) foi obtido diariamente por meio de pesagem das dietas e a subtração das sobras do fornecido com base na MS.

4.3 Variáveis climáticas

O ambiente climático foi caracterizado durante 48h em dias distintos não consecutivos (24h-24h). As coletas de dados foram realizadas no confinamento, para verificação de formação de microclima no ambiente avaliado no confinamento. Um grupo de dois *dataloggers* modelo RHT-10, marca *Instrutherm*, foi instalado no local ao lado dos currais de confinamento. Este grupo era composto por um sensor posicionado no interior do globo negro para a obtenção da Temperatura do globo negro (Tgn), enquanto o segundo *datalogger*, foi programado para o registro de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do ponto de orvalho (Tpo). A velocidade do ar foi medida por meio do uso de

um anemômetro portátil e digital, enquanto os sensores ficaram fixados na altura média dos bovinos, $\pm 1,60$ m. De posse dos valores das variáveis ambientais coletadas, foi calculado o índice de CTR que incide sobre os animais (Oliveira & Esmay, 1982), que se configura como subsídio para caracterizar a emissão de radiação em um ambiente, conforme disposto a seguir:

$$CTR = \sigma \cdot (TRM)^4 \text{ eq.1}$$

Em que:

CTR= carga térmica de radiação, em $W \cdot m^{-2}$; e

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

A Temperatura Radiante Média (TRM) pode ser obtida segundo a equação:

$$TRM = [(Tgn)^4 + 2,51 \times 10^8 \times v_v \times (Tgn - Tbs)]^{1/4} \text{ eq.2}$$

Em que:

TRM = Temperatura Radiante Média, em K; V =

velocidade do vento, em m/s;

Tgn = Temperatura do Globo Negro ($^{\circ}C$); e

Tbs = Temperatura de bulbo seco (do ar), em K.

As medidas que definiram a caracterização ambiental foram: carga térmica radiante, com média de $507.0 W/m^2$; índice de conforto térmico, que apresentou média de 76.5 (adimensional); a temperatura do ar, apresentou média de $31.3^{\circ}C$; temperatura de globo negro cuja média foi de $32.6^{\circ}C$, temperatura média radiante, apresentou valor médio de $33.9^{\circ}C$; umidade relativa do ar, com média de 43.3% e a velocidade média do ar, foi de $0.568 m/s^{-1}$.

4. 4 Parâmetros fisiológicos

4.4.1 Frequência Respiratória (FR)

A FR dos animais foi mensurada no confinamento a cada três horas (06h00, 09h00, 12h00, 15h00, 18h00, 21h00, 24h00, 03h00, 06h00 e 09h00), realizadas a cerca de 02 metros do animal, por um observador treinado, em duas datas distintas com intervalo de 01 (um) mês, totalizando duas coletas que foram realizadas pela observação visual do movimento do

flanco de todos os 20 animais, durante 15 segundos; e, posteriormente, multiplicada por quatro, para a obtenção dos movimentos por minuto (Brown-Brandl et al., 2006).

4.4.2 Temperatura de superfície corporal

Para a determinação da Temperatura de Superfície Corporal (TSC) foram feitos registros fotográficos do flanco esquerdo dos 20 animais – por meio do uso de Câmera Termográfica de Infravermelho, da marca Flir®, modelo InfRay P200 –, os registros foram feitos por um observador a cerca de 02 metros dos animais, durante o confinamento nos seguintes horários: 06h00, 09h00, 12h00, 15h00, 18h00, 21h00, 24h00, 03h00, 06h00 e 09h00, em duas datas distintas, com intervalo de 01 mês, totalizando duas coletas.

4.5 Análise Estatística

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foram distribuídos igualmente vinte animais aleatoriamente para dois tratamentos contendo dietas semelhantes.

Os dados fisiológicos – Temperatura de superfície corporal (TSC) e Frequência Respiratória (FR) –, e ambientais foram inicialmente submetidos à análise descritiva. A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, e a colinearidade entre variáveis ambientais foi verificada por correlação de Pearson e pelo fator de inflação da variância (VIF).

Para reduzir redundâncias entre as variáveis ambientais, foi aplicada uma análise de componentes principais (APC), utilizada como critério de seleção das covariáveis ambientais incluídas nos modelos mistos.

A análise inferencial foi conduzida por meio de modelos lineares mistos (LMM), ajustados pelo procedimento lmer. Para cada variável fisiológica (TSC e FR), foram considerados como efeitos fixos a suplementação, o período do dia (madrugada, manhã, tarde e noite) e as covariáveis ambientais selecionadas a partir da APC. O efeito de animal foi incluído como intercepto aleatório, de modo a modelar a estrutura de medidas repetidas.

As médias ajustadas (least square means) foram obtidas pelo procedimento emmeans, e os contrastes entre níveis de suplementação foram testados dentro de cada período do dia. A significância estatística foi adotada em $p < 0,05$, com apresentação dos resultados acompanhados de erro padrão (ep) e intervalos de confiança de 95%.

4.3 RESULTADOS

A tabela 4 apresenta correlações entre variáveis fisiológicas e ambientais. A frequência respiratória evidenciou correlação positiva moderada com os indicadores de carga térmica ambiental, assim como correlação negativa moderada com a umidade relativa do ar. A temperatura de superfície corporal mostrou correlações positivas de forte amplitude com as variáveis térmicas ambientais e com o índice de conforto térmico, e correlação negativa de forte relevância com a umidade relativa.

A tabela 5 demonstra correlações entre as variáveis ambientais, evidenciando forte associação positiva entre indicadores de temperatura e radiação, abrangendo carga térmica radiante média, temperatura de globo negro e temperatura do ar. O índice de conforto térmico obteve correlações positivas com as variáveis acima citadas. Foi possível observar correlação negativa entre indicadores térmicos ambientais e a umidade relativa, indicando padrão inverso entre temperatura e umidade. A velocidade do ar apontou correlações positivas com a maioria das variáveis térmicas e correlação negativa com a umidade relativa. Foi observado elevada colinearidade entre os preditores ambientais, especialmente entre variáveis associadas à radiação e temperatura.

A análise de componentes principais foi empregada com o objetivo de identificar padrões nos dados e minimizar a redundância entre as variáveis ambientais. O primeiro componente principal 1 (CP1) concentrou a maior parte da variância total, apresentando elevadas cargas elevadas correlações com temperatura de globo negro, temperatura radiante média, carga térmica radiante, temperatura do ar e índice de conforto térmico, além da correlação negativa para a umidade relativa do ar. O segundo componente principal (PC2) explicou uma menor proporção da variância total e esteve predominantemente associado à velocidade do ar, enquanto as demais variáveis apresentaram correlações baixas com esse componente (Tabela 6).

Diante da elevada redundância entre as variáveis associadas ao PC1, o índice de conforto térmico foi selecionado como variável representativa desse conjunto. Por sua vez, a velocidade do ar foi mantida como variável representativa do PC2, visando reduzir a colinearidade entre preditores nos modelos subsequentes (Tabela 7).

Comparando os níveis de suplementação em relação à temperatura de superfície corporal (TSC), foi possível observar que os animais suplementados com 0,5% do peso vivo/dia (PV/dia) apresentaram TSC média de 0,94° menor quando comparado com os animais suplementados com 0,25% do peso vivo/dia. Ao considerar os períodos do dia, verificou-se que, em relação ao período da madrugada – período de referência -, a TSC foi maior nos demais períodos, sendo: 0,86° na manhã; 2,23° na tarde e 1,63° na noite. Para o

ITGU, identificou-se associação positiva com a TSC, com incremento médio de 0,10° na TSC para cada aumento de uma unidade no índice, mantendo constantes os demais preditores do modelo (Tabela 8).

Ao observar a temperatura de superfície corporal por período do dia comparando-o entre os níveis de suplementação, podemos observar que o período do dia em que houve maior temperatura em ambos níveis de suplementação foi no período da tarde, e o menor foi no período da madrugada (Tabela 9).

Já na tabela 10 quando comparado os níveis de suplementação relacionada à Frequência Respiratória (FR), animais suplementados a 0.5% PV/dia teve a FR menor que animais suplementados a 0,25% PV/dia, e maior FR no período da tarde. Para o ITGU, identificou-se associação negativa com a FR, com redução média de -0.04 movimentos/minuto na FR para cada aumento de uma unidade no índice, mantendo constantes os demais preditores do modelo.

Ao analisar a frequência respiratória por período do dia em comparação entre os níveis de suplementação, observou-se que o período da tarde foi onde houve maior movimentos respiratórios em ambos os níveis de suplementação, e o menor foi no período da madrugada (Tabela 11).

4.4 DISCUSSÃO

Bovinos confinados a céu aberto estão predispostos a exposição de condições bioclimáticas rigorosas, exigindo o engajamento contínuo de mecanismos fisiológicos para manutenção da homeostase. A busca por estratégias que modulem a capacidade adaptativa dos animais na fase de terminação é fundamental na busca por maior produtividade.

No presente estudo, obteve-se resultado expressivo no efeito residual da estratégia nutricional adotada na recria sobre a temperatura de superfície corporal (TSC) na fase de terminação. Animais que receberam maior nível de suplementação na recria (0,50% PV/dia) mantiveram os valores de TSC significativamente menor (-0,94°C) nos períodos do dia avaliados quando comparado com os animais suplementados com 0,25% PV/dia. Isso sugere que o efeito residual da suplementação 0,50% PV/dia foi positivo, melhorando a eficiência termorreguladora ou possivelmente alterando o metabolismo basal calórico do animal quando submetido a suplementação na fase da recria.

O incremento calórico e a produção de calor endógeno estão diretamente associados ao metabolismo e à composição da dieta, isto se dá pela adaptação na eficiência energética dos animais. Bovinos suplementados na fase de recria podem desenvolver uma

composição tecidual que resulta em menor produção de calor endógeno durante a fase de terminação em confinamento.

Em contrapartida, a frequência respiratória (FR) não foi influenciada pelo histórico de suplementação. Isto demonstra que, embora a maior suplementação na recria mitigue o acúmulo de calor na TSC, ela não altera o esforço respiratório durante a termorregulação. A FR atua como mecanismos de resposta aguda e imediata.

As variações nos parâmetros fisiológicos ao longo dos períodos do dia corroboram com o comportamento típico de zebuínos em região tropical ao longo do dia. O pico de TSC (35,9º e 35,0ºC) para os níveis de suplementação 0,25% e 0,50%, respectivamente, e a elevação máxima da FR (+11,13 mov./min) observou-se no período da tarde coincide com o momento de maior incidência de radiação solar direta e elevação das temperaturas do ar a céu aberto. Isso indica que, embora a maior suplementação reduza a TSC, ela não altera o ritmo respiratório dos animais.

O impacto linear positivo do ITGU sobre a TSC (+0,10ºC por unidade do índice) valida este parâmetro como indicador seguro para monitorar o estresse térmico periférico. À medida que a carga térmica radiante (CTR) e a umidade relativa do ar (UR) se elevam, a transferência de calor do núcleo corporal para a periferia é intensificada em uma tentativa de maximizar a perda de calor sensível por radiação e convecção.

A velocidade do ar apresentou relação positiva e estatisticamente positiva com a TSC e a FR. Sob condições térmicas moderadas, a velocidade do ar é reconhecido como facilitador da perda de calor por convecção e evaporação cutânea. Em ambiente semiárido durante o período de maior radiação do dia, a temperatura do ar é maior que a TSC, nesta circunstância a velocidade do ar atenua a função de refrigeração justificando o aumento observado na TSC. Em decorrência os animais na tentativa de dissipar calor aumenta a FR para eliminar calor pela respiração.

5 CONCLUSÃO

As respostas fisiológicas de bovinos em confinamento apresentaram maior dependência das variáveis meteorológicas, com destaque para a ciclicidade do período do dia e a variação do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU).

Embora a suplementação proteico-energética durante a fase de recria tenha promovido uma redução na temperatura da superfície corporal na etapa de terminação, a magnitude desse efeito foi secundária quando comparada à influência ambiental. Conclui-se que, sob as condições experimentais avaliadas, o microclima configurou-se como o principal determinante do status termofisiológico dos animais.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de mestrado. À Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes). Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT - Ciência Animal).

7 REFERÊNCIAS

- Alves, F.V., Porfírio-da-Silva, V. e Junior, N.K. (sem data) “Bem-estar animal e ambiência na ILPF”.
- Barbieri, R.S., De Carvalho, J.B. e Sabbag, O.J. (2016) “Análise de viabilidade econômica de um confinamento de bovinos de corte”, *Interações (Campo Grande)* [Preprint]. Disponível em: [https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.3\(01\)](https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.3(01)).
- Batista, J.N. *et al.* (2015) “Termorregulação em ruminantes”, (2).
- Becker, C.A., Collier, R.J. e Stone, A.E. (2020) “Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows”, *Journal of Dairy Science*, 103(8), p. 6751–6770. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>.
- Brettas, P.K.D.M. *et al.* (2024) “Knowledge and perception of milk producers about thermal stress in Brazilian dairy farms”, *Heliyon*, 10(4), p. e26115. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26115>.
- Brown-Brandl, T.M. (2018) “Understanding heat stress in beef cattle”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, p. e20160414. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>.
- Carvalho, T.B. de e Zen, S.D. (2017) “A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências”, *Revista IPecege*, 3(1), p. 85–99. Disponível em: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.85>.
- Cattelam, J. (2013) “Estresse térmico em bovinos Termal stress in cattle”.
- Chang-Fung-Martel, J. *et al.* (2021) “Negative relationship between dry matter intake and the temperature-humidity index with increasing heat stress in cattle: a global meta-analysis”, *International Journal of Biometeorology*, 65(12), p. 2099–2109. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02167-0>.
- Dian, P.H.M. *et al.* (2020) “Desempenho zootécnico e financeiro de bovinos confinados com acesso a diferentes áreas de sombreamento e a pleno sol / Zootechnical and financial development of confined bovines with access to different areas of shading and exposed to the sun”, *Brazilian Journal of Development*, 6(12), p. 101646–101664. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-599>.
- Idris, M. *et al.* (2021) “Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle”,

Animals, 11(1), p. 71. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11010071>.

Leão, J.M. *et al.* (2015) “Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão”.

Marques, H.R., Oliveira, M.C. de e Carmo, E.L. do (2010) “Suplementação protéica e energética para bovinos de corte”, *Pubvet*, 4(04). Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2675> (Acesso em: 20 de maio de 2026).

McManus, C. *et al.* (2012) “PECUÁRIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS”, *Revista UFG*, 13(13). Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48455> (Acesso em: 27 de maio de 2024).

Mendes, D.F. de J., Soares, U.G. e Silva, P.L. (2023) “SISTEMAS DE CONFINAMENTO DE BOVINOS DE CORTE SOB A DIETA DE ALTO GRÃO: um estudo de caso em uma fazenda do município de João Pinheiro/MG no ano de 2023”, *Scientia Generalis*, 4(2), p. 407–418. Disponível em: <https://doi.org/10.22289/sg.V4N2A35>.

Montelli, N.L.L.L. *et al.* (2019) “Impactos econômicos do espaço disponível por animal em confinamentos bovinos”, *Semina: Ciências Agrárias*, 40(6Supl3), p. 3665–3678. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3665>.

Moraes, E.R., Ishihara, J.H. e Souza, D.E.S. e (2020) “Efeito do bem-estar e conforto térmico na produção pecuária: uma revisão bibliográfica”, *Research, Society and Development*, 9(9), p. e921997913–e921997913. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7913>.

Mota, V. *et al.* (2017) “Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características”, *Pubvet*, 11(05). Disponível em: <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N5.433-442>.

Ndou, S.P., Muchenje, V. e Chimonyo, M. (2011) “Animal welfare in multipurpose cattle production Systems and its implications on beef quality”, *African Journal of Biotechnology*, 10(7), p. 1049–1064.

Neves, G.V.S. *et al.* (2022) “Bovinocultura de corte no Brasil: uma revisão sistemática de literatura”, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 13(6), p. 277–293. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0022>.

Passini, R. *et al.* (2009) “Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos - DOI: 10.4025/actascianimsci.v31i3.6293”, *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(3), p. 303–

309. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i3.6293>.

Reggiori, M.R. *et al.* (2016) “Precocidade sexual, eficiência reprodutiva e desempenho produtivo de matrizes jovens Nelore e cruzadas”, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, p. 1563–1572. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8933>.

Roberto, J.V.B. *et al.* (sem data) “PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE CAPRINOS DE CORTE SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO”.

SALES, M.F.L. (2017) *Suplementação energética para bovinos de corte em pastos consorciados durante a época seca no Acre*.

Santana, M.C.A., Cavali, J. e Modesto, V.C. (2014) “INFLUÊNCIA DO CLIMA EM ANIMAIS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO”, *Científic@ - Multidisciplinary Journal*, 1(1), p. 86–98. Disponível em: <https://doi.org/10.37951/2358-260X.2014v1i1.776>.

Santos, S.G.C.G. dos (2015) *Transferência de calor latente e comportamento termorregulatório de vacas leiteiras em ambiente tropical*. Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br> (Acesso em: 11 de fevereiro de 2026).

Sousa, L.C. de e Baptista, F.H. (2023) “GESTÃO E AGRONEGÓCIO: GASTOS OPERACIONAIS NO CONFINAMENTO DE BOVINOS”, *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218*, 4(12), p. e4124463. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i12.4463>.

Souza, B.B. de *et al.* (2015) “TERMORREGULAÇÃO EM RUMINANTES”, *AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO*, 11(2), p. 39–46. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v11i2.674>.

Souza, B.B. de e Batista, N.L. (2012) “Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal”, *AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO*, 8(3), p. 06–10. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v8i3.174>.

Sullivan, K.F. e Mader, T.L. (2018) “Managing Heat Stress Episodes in Confined Cattle”, *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 34(2), p. 325–339. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.05.001>.

Tavares, G. *et al.* (2016) “Zoneamento Bioclimático para Bovinos de Corte no Brasil com o Auxílio de Sistemas Inteligentes”, *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 4, p.

116–123. Disponível em: <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p116-123>.

Tosetto, M.R. *et al.* (2014) “Influence of macro-and microclimatic conditions on thermal comfort of dairy cows”, *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(1), p. 6–10. Disponível em: <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v02n01a02>.

Vieira, R.A. *et al.* (2023) “Use of thermography and physiological rate to assess heat tolerance in cattle breeds”, *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), p. 223. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03613-4>.



Figura 1 – Caracterização do Curral com cocho coberto

Tabela 4. Correlações entre variáveis fisiológicas (FR, TSC) e variáveis ambientais.

Variáveis Fisiológicas	Variáveis Ambientais	r	p
Frequência respiratória (mov/min)	Temperatura radiante média (°C)	0,49	<0,001
Frequência respiratória (mov/min)	Carga térmica radiante (W/m ²)	0,49	<0,001
Frequência respiratória (mov/min)	Temperatura de globo negro (°C)	0,48	<0,001
Frequência respiratória (mov/min)	Umidade relativa (%)	-0,46	<0,001
Frequência respiratória (mov/min)	Temperatura do ar (°C)	0,45	<0,001
Frequência respiratória (mov/min)	Índice de conforto térmico (ad)	0,41	<0,001
Frequência respiratória (mov/min)	Velocidade do ar (m/s)	0,32	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Temperatura do ar (°C)	0,75	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Umidade relativa (%)	-0,75	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Índice de conforto térmico (adi)	0,71	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Temperatura de globo negro (°C)	0,67	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Temperatura radiante média (°C)	0,67	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Carga térmica radiante (W/m ²)	0,67	<0,001
Temperatura de superfície corporal (°C)	Velocidade do ar (m/s)	0,38	<0,001

Tabela 5. Correlações entre variáveis ambientais (Pearson), para avaliar colinearidade entre preditores.

Variável 1	Variável 2	r	p-valor
Carga térmica radiante (W/m ²)	Temperatura radiante média (°C)	1,0	<0,001
Temperatura de globo negro (°C)	Temperatura radiante média (°C)	0,97	<0,001
Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)	-0,97	<0,001
Carga térmica radiante (W/m ²)	Temperatura de globo negro (°C)	0,97	<0,001
Índice de conforto térmico (ad)	Temperatura do ar (°C)	0,94	<0,001
Temperatura do ar (°C)	Temperatura de globo negro (°C)	0,92	<0,001
Temperatura de globo negro (°C)	Umidade relativa (%)	-0,91	<0,001
Índice de conforto térmico (ad)	Umidade relativa (%)	-0,89	<0,001
Índice de conforto térmico (adl)	Temperatura de globo negro (°C)	0,83	<0,001
Temperatura radiante média (°C)	Umidade relativa (%)	-0,82	<0,001
Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	0,81	<0,001
Carga térmica radiante (W/m ²)	Umidade relativa (%)	-0,8	<0,001
Carga térmica radiante (W/m ²)	Temperatura do ar (°C)	0,79	<0,001
Índice de conforto térmico (ad)	Temperatura radiante média (°C)	0,71	<0,001
Carga térmica radiante (W/m ²)	Índice de conforto térmico (ad)	0,69	<0,001
Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	0,64	<0,001
Carga térmica radiante (W/m ²)	Velocidade do ar (m/s)	0,64	<0,001
Temperatura de globo negro (°C)	Velocidade do ar (m/s)	0,6	<0,001
Índice de conforto térmico (adl)	Velocidade do ar (m/s)	0,56	<0,001
Umidade relativa (%)	Velocidade do ar (m/s)	-0,49	<0,001
Temperatura do ar (°C)	Velocidade do ar (m/s)	0,47	<0,001

Ad = adimensional

Tabela 6. Autovalores e variância explicada dos componentes principais da análise de componentes principais (PCA).

Componente	Autovalor	% Variância	% Cumulativa
PC1	5.748	82.11	82.11
PC2	0.711	10.15	92.27
PC3	0.451	6.44	98.71
PC4	0.071	1.01	99.72
PC5	0.017	0.24	99.96
PC6	0.003	0.04	99.99
PC7	0.0	0.0	100.0

Tabela 7. Associação das variáveis climáticas com os dois primeiros componentes principais da análise de componentes principais (PCA).

Variáveis climáticas	PC1	PC2
TAR	0.942	-0.309
TGN	0.986	-0.007
TRM	0.946	0.17
UR	-0.937	0.27
VAR	0.673	0.643
ITGU	0.889	-0.251
CTR	0.934	0.193

Tabela 8. Estimativas dos efeitos fixos do modelo misto linear para temperatura de superfície corporal (TSC) considerando suplementação, período do dia e variáveis ambientais.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	t	p
Intercepto	25.72	1.08	23.91	<0.001
Suplementação 0.5	-0.94	0.18	-5.21	<0.001
Manhã	0.86	0.22	3.84	<0.001
Tarde	2.23	0.34	6.66	<0.001
Noite	1.63	0.24	6.78	<0.001
ITGU	0.10	0.02	6.32	<0.001
VAR	0.40	0.16	2.55	0.011

R^2 marginal = 0.581; R^2 condicional = 0.592. Todos os fatores de inflação da variância (VIF) foram < 5, indicando ausência de multicolinearidade relevante entre os preditores.

Tabela 9. Temperatura de superfície corporal (TSC) por período do dia e comparação entre níveis de suplementação.

Período do dia	Média 0.25	Média 0.5	p
Madrugada	33.7	32.7	0.0001
Manhã	34.5	33.6	0.0001
Tarde	35.9	35.0	0.0001
Noite	35.3	34.4	0.0001

***Nota:** As diferenças de suplementação (Δ) são idênticas em todos os períodos porque o modelo foi ajustado de forma **aditiva**, sem interação entre suplementação e período. Assim, o efeito estimado da suplementação é considerado constante ao longo dos períodos do dia.

Tabela 10. Estimativas dos efeitos fixos do modelo misto linear para frequência respiratória (FR) considerando suplementação, período do dia e variáveis ambientais.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	t	p
Intercepto	29.56	5.54	5.34	<0.001
Suplementação 0.5	-0.09	1.67	-0.05	0.958
Manhã	5.03	1.14	4.42	<0.001
Tarde	11.13	1.70	6.56	<0.001
Noite	4.44	1.22	3.65	<0.001
ITGU	-0.04	0.08	-0.52	0.606
VAR	3.18	0.79	4.04	<0.001

R^2 marginal = 0.233; R^2 condicional = 0.370. Todos os fatores de inflação da variância (VIF) foram < 5, indicando ausência de multicolinearidade relevante entre os preditores.

Tabela 11. Frequência respiratória (FR) por período do dia e comparação entre níveis de suplementação.

Período do dia	Média 0.25	Média 0.5	p
Madrugada	28.4	28.3	0.958
Manhã	33.4	33.3	0.958
Tarde	39.5	39.4	0.958
Noite	32.8	32.7	0.958

***Nota:** As diferenças de suplementação (Δ) são idênticas em todos os períodos porque o modelo foi ajustado de forma **aditiva**, sem interação entre suplementação e período. Assim, o efeito estimado da suplementação é considerado constante ao longo dos períodos do dia.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível considerar que a estratégia de maior aporte proteico-energético na recria SPE 0,50% do PV/dia, desmostrou um efeito residual benéfico e duradouro na fase de terminação, sendo capaz de mitigar o acúmulo de calor na superfície corporal e reduzir significativamente a TSC dos bovinos Nelore terminados em confinamento.

Esses achados refoçam a importancia de ajustar a suplementação dos animais afim de minimizar efeitos adversos. Esta estratégia pode resultar em benefícios significativo para a produtividade.