

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

GUSTAVO PEREIRA VIANA

Efeito do ambiente térmico sobre a ingestão de matéria seca e comportamento alimentar em
touros Senepol confinados em região tropical

Uberlândia

2021

GUSTAVO PEREIRA VIANA

Efeito do ambiente térmico sobre a ingestão de matéria seca e comportamento alimentar em
touro Senepol confinados em região tropical

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina Veterinária da Universidade Federal
de Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de mestre em Ciências
Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Dra. Mara Regina Bueno de
Mattos Nascimento

Uberlândia

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias

BR 050, km 78, Campus Giarda, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-0911 - www.ppgvet@ufu.br - maeven@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	CIÊNCIAS VETERINÁRIAS				
Defesa de:	DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO Nº PPGCVET/006/2021				
Data:	25 de agosto de 2021	Hora de início:	14:30	Hora de encerramento:	20:05
Matrícula do Discente:	15912MEV005				
Nome do Discente:	GUSTAVO PEREIRA VIANA				
Título do Trabalho:	Efeito do ambiente térmico sobre a ingestão de matéria seca e comportamento alimentar em touros Saia-pai confinados em região tropical				
Área de concentração:	Produção animal				
Linha de pesquisa:	Manejo e eficiência da produção dos animais, seus derivados e subprodutos				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Efeito do ambiente térmico sobre os animais homeotérmicos				

Reuniu-se por Videoconferência (meio eletrônico), da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: **Henrique Barbosa Hooper - Centro Universitário Anhanguera; Carla Ubirajara Faria - UFU; Simone Pedro da Silva - UFU** membro suplente convidada a participar; **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimeada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, Membro da Comissão**, em 26/08/2021, às 06:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Simone Pedro da Silva, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/08/2021, às 07:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carina Ubirajara da Faria Bernardes, Professora(a) do Magistério Superior**, em 26/08/2021, às 08:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Henrique Barbosa Hooper, Usuário Externo**, em 27/08/2021, às 12:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=3357873&infra_siste...
[acao=documento_verificar&id_documento=3357873&infra_siste...&id_documento=3357873&infra_siste...](#), informando o código verificador **298000** e o código CRC **80F2088C**.

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

V614 2021	<p>Viana, Gustavo Pereira, 1994- Efeito do ambiente térmico sobre a ingestão de matéria seca e comportamento alimentar em touros Senepol confinados em região tropical [recurso eletrônico] / Gustavo Pereira Viana. - 2021.</p> <p>Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.472 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Veterinária. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos, 1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 619</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

GUSTAVO PEREIRA VIANA

Efeito do ambiente térmico sobre a ingestão de matéria seca e comportamento alimentar em
tours Senepol confinados em região tropical

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina Veterinária da Universidade Federal
de Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de mestre Ciências
Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Uberlândia, 25 de agosto de 2021

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento – (UFU)

Prof.^a Dr.^a Carina Ubirajara de Faria - (UFU)

Henrique Barbosa Hooper – Doutor (UniMax)

Prof.^a Dr.^a Simone Pedro da Silva - (UFU)

Dedico este trabalho à minha família,
pelo apoio, incentivo e amor incondicionais.

AGRADECIMENTOS

A Deus por nunca ter soltado a minha mão e me amparado em todos os momentos.

À minha família, em especial, à minha mãe por ser sempre o meu alicerce, por me dar apoio, por ser um exemplo de ser humano, por sempre me acompanhar e dar apoio.

À minha orientadora Dra. Mara Regina, por todo ensinamento, prontidão, paciência, compreensão e dedicação em todas as etapas do meu processo de aprendizagem.

À professora Dra. Carina Ubirajara por permitir a realização da pesquisa no setor de melhoramento Animal e auxiliar na pesquisa.

À professora Dra. Simone Pedro pela prontidão em auxiliar e contribuir para melhoria da pesquisa.

Ao professor Dr. Henrique Hooper pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos e contribuir com o estudo.

Ao professor Dr. Ednaldo Guimarães pela valiosa contribuição nas análises estatísticas.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Melhoramento Genético Animal (GEMEGA), por todo o auxílio no desenvolvimento do experimento, em especial, à Mariana Cristina.

Aos colegas

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, em nome de todos os docentes e colaboradores que possibilitaram a realização do mestrado.

Aos colegas e professores da graduação, que sempre estiveram comigo durante minha jornada nos estudos, e, que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento profissional ou pessoal.

A todos vocês que tornaram essa jornada mais leve e prazerosa, **MUITO OBRIGADO!**

RESUMO

A complexidade do ambiente térmico, bem como sua influência no desempenho produtivo dos animais precisam ser melhor compreendidas, visando melhorar os índices zootécnicos e o bem-estar animal. Portanto, neste estudo o propósito foi investigar a influência do ambiente térmico no consumo de matéria seca, frequência e tempo no cocho em touros da raça Senepol confinados em região tropical. Esta pesquisa foi conduzida na Fazenda Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, MG. No verão (24/12/2019 a 03/03/2020), 31 bovinos machos não castrados, com $14,5 \pm 0,76$ meses e massa corporal média de $409,94 \pm 48,73$ kg foram confinados em piquete com cochos eletrônicos do sistema *Growsafe*[®] durante 91 dias, sendo 21 destinados a adaptação. A dieta foi composta por 60% volumoso e 40% de concentrado, fornecida duas vezes ao dia. O sistema *Growsafe* monitorou em tempo real o consumo de matéria natural, número de visitas ao cocho e tempo de permanência no cocho. O consumo médio de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca em relação ao peso corporal (CMS%PC), número total de visitas ao cocho (NTVC), número de visitas com consumo (NVCC), tempo de cocho (TC) e número relativo de visitas ao cocho (NVCT/NVCC) foram determinados. Diariamente, a temperatura e umidade do ar foram registrados por *dataloggers* a cada trinta minutos. A velocidade do vento, temperaturas máxima e mínima nas 24 horas, e a temperatura do globotermômetro também foram determinadas. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o índice de Carga Térmica (ICT) foram calculados. O ITU foi dividido em: ITU1 ≤ 74 (termoneutra); ITU2 = $74 < ITU \leq 79$ (alerta); ITU3 = $79 < ITU \leq 84$ (perigo) e ITU4 = $ITU > 84$ (emergência) e o ICT em ICT1 ≤ 91 e ICT2 > 91 . O delineamento foi inteiramente casualizado, o banco de dados foi submetido a análise exploratória para detecção e remoção de outliers. Usou-se ANOVA e teste de Tukey ou Teste t de Student. Considerou-se o nível de significância de 5%. O CMS, CMS%PC, TC, NVCC e NVCT foram maiores na classe termoneutra em comparação as classes perigo e emergência. Não foi detectada a influência do ICT sobre as variáveis analisadas. O CMS, CMS%PC, TC, FC e NVCT de touros Senepol confinados criados sob ambiente com valores de ITU acima de 74 são reduzidos.

Palavras-chave: Consumo de alimentos. Estresse por calor. Gado de corte. Temperatura do ar.

ABSTRACT

The complexity of the thermal environment, as well as its influence on the productive performance of animals need to be better understood, to improve zootechnical indices and animal welfare. Therefore, in this study, the purpose was to investigate the influence of the thermal environment on dry matter intake, frequency and time in the feed bunk in Senepol bulls confined in tropical region. This research was conducted at Fazenda Capim Branco, from Federal University of Uberlândia, Uberlândia, MG. In the summer (12/24/2019 to 03/03/2020), 31 unneutered male bovines, with 14.5 ± 0.76 months and average body weight of 409.94 ± 48.73 kg were confined in a pen with electronic feed bunkers of the Growsafe® system for 91 days, with 21 destined for adaptation. The diet consisted of 60% roughage and 40% concentrate, supplied twice a day. The Growsafe system monitored in real time the consumption of natural matter, number of visits to the bunk feeders and time spent in the bunk. The dry matter intake (DMI), dry matter intake in relation to body weight (DMI%BW), total number of visits to the feed bunk (TFV), number of visits with consumption (NVC), time at the feed bunk (TF) and relative number of visits to the feed bunker (NV/NVC) were determined. Air temperature and humidity data were recorded by dataloggers, every thirty minutes, daily. Wind speed, maximum and minimum temperatures in 24 hours, and the temperature of the globe thermometer were also determined. The Temperature and Humidity Index (THI) and the Heat Load Index (HLI) were calculated. The THI was divided into 4 classes: THI1 ≤ 74 (thermoneutral); THI2 = $74 < \text{THI} \leq 79$ (alert); THI3 = $79 < \text{THI} \leq 84$ (danger) and THI4 = $\text{THI} > 84$ (emergency) and the HLI in HLI1 ≤ 91 and HLI2 > 91 . The design was completely randomized, the database was submitted to exploratory analysis for detection and removal of outliers. ANOVA and Tukey test or Student t were used. A significance level of 5% was considered. The DMI, DMI%BW, TFV, TF NVC, NVCT were higher in thermoneutral class compared to danger and emergency classes. The DMI, DMI%BW, TFV, TF, NVC and TVF of confined Senepol bulls raised under an environment with ITU values above 74 are reduced.

Keywords: Beef cattle. Air Temperature. Heat Stress. Feed Intake.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Termorregulação	17
3.2 Mecanismos de transferência de energia térmica.....	20
3.3 Estresse por calor	22
3.4 Índices de estresse térmico.....	24
3.5 Região tropical	25
3.6 A Raça Senepol	26
3.7 Sistema <i>GrowSafe</i>[®]	28
3.8 Fatores que influenciam a ingestão de alimentos	29
3.8.1 Fatores relacionados ao animal.....	29
3.8.2 Fatores relacionados ao alimento	32
3.8.3 Fatores relacionados ao ambiente.....	34
3.8.4 Fatores relacionados ao manejo.....	36
3.9 Comportamento ingestivo de bovinos confinados	37
REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO 2 – O AMBIENTE TÉRMICO INFLUENCIA O CONSUMO E O COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE TOUROS SENEPOL CONFINADOS EM AMBIENTE TROPICAL	52
(Redigido de acordo com as normas da revista <i>Livestock Science</i>).....	52
O ambiente térmico influencia o consumo e o comportamento alimentar de touros Senepol confinados em ambiente tropical	53
1. Introdução	54
2. Material e métodos	56
2.1. Banco de dados, adaptação, local e descrição do confinamento	56
2.2. Animais, prova de eficiência alimentar e dieta	57
2.4. Variáveis meteorológicas e comportamento alimentar	59
2.5. Análise estatística.....	60
3. Resultados	61
3.1. Variáveis meteorológicas.....	61

3.2. Variáveis de consumo e comportamento alimentar por classe de ITU e ICT.....	63
4. DISCUSSÃO	65
5. CONCLUSÃO.....	69

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia)

INTRODUÇÃO

As projeções climáticas apontam um cenário futuro desafiador onde o aumento da temperatura influenciará diretamente a produção pecuária (HENRY et al., 2018). Nesse sentido, o ambiente térmico poderá impactar negativamente na termorregulação, metabolismo e sistema endócrino (COLLIER; RENQUIST; XIAO, 2017). Além disso, o estresse por calor poderá prejudicar, sobretudo, a disponibilidade e ingestão de alimentos pelos animais em regiões com condições climáticas extremas (HENRY et al., 2018) e também ser um limitador que afeta negativamente a sanidade, bem-estar e produtividade dos animais (SEJIAN et al., 2018). Assim, torna-se importante entender como as temperaturas elevadas influenciarão os bovinos, especialmente o gado de corte, criados em ambiente tropical buscando desenvolver uma atividade de forma sustentável e rentável.

As consequências do estresse por calor em bovinos de corte surgem sob valores de ITU mais elevados, se comparados com bovinos leiteiros, e seu impacto não é imediatamente notado como na atividade leiteira devido as métricas de produção (SUMMER et al., 2019). Ainda que em menor proporção, o estresse por calor onera economicamente a indústria de bovinos de corte devido à redução no desempenho produtivo e bem-estar dos animais. No entanto, são escassos os estudos avaliando a influência do ambiente térmico sobre o consumo de alimentos em bovinos de corte da raça Senepol em ambiente tropical.

Neste contexto, a intensidade da resposta do bovino submetido ao estresse por calor dependerá das condições ambientais como temperatura ambiente, vento, radiação e umidade (SAILO; DAS, 2016), da suscetibilidade individual do animal, por exemplo, cor da pelagem, sexo, temperamento, saúde, aclimatação e escore corporal e também do manejo, ração e água (BROWN-BRANDL, 2018). Um desafio a ser enfrentado pelos pecuaristas é conciliar as práticas de manejo destinadas a animais *Bos taurus* e *Bos indicus*, levando em consideração aspectos distintos de produtividade e resistência ao calor em regiões tropicais e subtropicais, no que diz respeito ao atendimento das funções biológicas destes bovinos que ainda precisam ser melhor compreendidas (COOKE et al., 2020).

O consumo é um fator importante na bovinocultura de corte (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018). Em bovinos, apesar de existirem várias metodologias para prever a ingestão de alimentos, a maioria não inclui os fatores do ambiente térmico que também podem influenciar no consumo (CURTIS et al., 2017). Assim, a ingestão voluntária de alimentos nos ruminantes pode ser regulada por múltiplas interações que envolvem mecanismos de feedback,

distensão gástrica, proteína, energia, fatores comportamentais, psicológicos, anatômicos e metabólicos (FISHER, 2002). Somado a isto, características positivas ou negativas relacionadas ao alimento, animal e ao ambiente interferem na ingestão alimentar (KETELAARS; TOLKAKMP, 1992; MERTENS; GRANT, 2020). Em situações de estresse por calor os bovinos podem reduzir a ingestão de nutrientes no intuito de diminuir o calor gerado pelos processos metabólicos (O'BRIEN et al., 2010) e, conseqüentemente, a sua eficiência de produção ser comprometida.

Dentre as raças de corte criadas em regiões tropicais, a Senepol tem recebido destaque em virtude de seu crescimento e expansão no Brasil em curto espaço de tempo, o número de animais com registro genealógico definitivo (RGD) era de 10.300 em 2011 e aumentou para 93.342 em 2021, segundo Associação Brasileira de Criadores de Bovinos Senepol (ABCB). No entanto, são necessárias mais pesquisas acerca dos mecanismos termorregulatórios a respeito do comportamento alimentar destes animais para uma exploração mais racional da raça, obtenção de melhores índices zootécnicos e fonte de dados para referência. Tanto a literatura nacional, quanto a internacional carecem de estudos que abordam estes aspectos. Entender a influência do ambiente térmico sobre o consumo de alimentos é importante, visto que estudos anteriores reportaram que animais submetidos ao estresse por calor podem ter a ingestão de alimentos reduzida (BERNABUCCI et al., 2010; JOHNSON, 2018; LACETERA, 2019) e, conseqüentemente, o seu desempenho.

2 OBJETIVOS

Objetivou-se neste estudo investigar o efeito das variáveis meteorológicas sobre o consumo de matéria seca, tempo em alimentação e frequência de alimentação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Termorregulação

O controle da energia térmica em qualquer sistema físico é nominado termorregulação. Os organismos vivos são sistemas físicos e estão sob influência dos fatores do ambiente no qual estão inseridos, estabelecendo interações complexas e variáveis ao longo do tempo, ocasionando mudanças genéticas na população e dando continuidade no processo evolutivo das espécies (SILVA; MAIA, 2013). Estes organismos regulam sua temperatura corporal interna no intuito de mantê-la constante dentro de uma determinada faixa considerada ideal, equilibrando ganhos e perdas de calor para o ambiente, sendo divididos em ectotérmicos e endotérmicos de acordo com a forma que regulam sua temperatura corporal interna (NORRIS; KUNZ, 2012).

Animais ectotérmicos apresentam temperatura corporal próxima à temperatura ambiente, gastam menos energia para produzir calor, implicando em menor taxa metabólica, podendo a energia poupada ser redirecionada para seu crescimento e reprodução (SILVA, 2000). Para este autor, a menor exigência por energia faz com que os animais ectotérmicos tenham menor demanda por alimentos, permitindo permanecerem maior tempo abrigados e longe de predadores. Já os animais endotérmicos são capazes de manter sua temperatura corporal interna dentro de uma faixa específica e relativamente estreita, são em geral mais rápidos e carecem de um fluxo maior de energia (SILVA, 2000).

Os animais homeotérmicos mantêm sua temperatura corporal constante dentro de uma faixa específica em função da temperatura ambiental (BROWN-BRANDL, 2018). Os bovinos são considerados animais homeotérmicos e suas funções orgânicas são influenciadas direta e indiretamente pelos fatores ambientais no que tange à manutenção do equilíbrio térmico, sendo fortemente afetados por elementos meteorológicos (temperatura, umidade do ar, ventos e radiação solar) e solo (MIRANDA; FREITAS, 2009).

A temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS) delimitam a faixa ideal do ambiente térmico para a criação dos animais, denominada zona de termoneutralidade, onde não há por parte dos animais homeotérmicos, esforços para ganhar ou perder calor (SILVA; MAIA, 2013). Caso a temperatura do ar seja inferior a TCI o animal entrará sob estresse pelo frio, e para retornar a sua zona de termoneutralidade, precisará recuperar o calor perdido para o meio ambiente, por meio do aumento de sua taxa metabólica e de mudanças em seu comportamento, nesta situação, o insucesso em manter a homeotermia ocasiona hipotermia (SILVA; MAIA, 2013). Ao ficarem expostos ao frio por períodos

prolongados os animais são capazes de elevar sua produção metabólica sem tremores, mediado pela secreção de hormônios da tireoide e ação calorígenica de catecolaminas sobre lipídeos (ROBINSON, 2014).

De maneira oposta, caso a temperatura ambiente ultrapasse a TCS o animal será submetido ao estresse por calor e se os mecanismos termorregulatórios não reestabelecerem o equilíbrio térmico, o animal entrará em hipertermia, aumentando progressivamente até o limite de sobrevivência do animal (SILVA; MAIA, 2013). A maior parte da produção de calor nos animais ocorre no fígado e músculos dos membros, sendo redistribuído pelo restante do corpo e eliminado pela pele e aparelho respiratório, no entanto, os tecidos corporais não apresentam boa condutividade térmica, pertencendo ao sangue o papel de distribuição de calor de forma mais eficiente (ROBINSON, 2014). Este mesmo autor cita que sob condições drásticas de estresse por calor há aumento demasiado da circulação de calor de duas formas: a primeira se dá pela dilatação das arteríolas dos leitos vasculares cutâneos, elevando o fluxo sanguíneo dos capilares. A segunda maneira é pela abertura das anastomoses arteriovenosas dos membros, orelhas e focinhos. A combinação destas duas ações amplia o fluxo sanguíneo para regiões periféricas do corpo, criando um gradiente térmico e favorecendo a manutenção da temperatura central (abdômen, tórax e cérebro) (ROBINSON, 2014).

Cada espécie animal possui uma temperatura ideal no que diz respeito ao ambiente térmico em cada fase do seu ciclo de vida, desenvolvendo ao longo do tempo mecanismos adaptativos que os permitem viver até mesmo em ambientes inóspitos e regiões que apresentam grandes variações térmicas (SILVA; MAIA, 2013). As raças bovinas europeias desenvolveram-se em regiões de clima temperado, logo, seus aspectos produtivos são dependentes de condições destes ambientes, seu desempenho seria favorecido em ambientes com média mensal inferior à 20 °C, com umidade relativa do ar entre 50% a 80%, assim, o conforto térmico destes animais está sob temperaturas que variam de -1 °C a 21 °C, com variações entre as diversas raças (MIRANDA; FREITAS, 2009).

O calor é um subproduto oriundo das atividades metabólicas do corpo (ROBINSON, 2014). A produção de calor é denominada termogênese e é realizada pelas células animais por meio da oxidação de alimentos ingeridos na dieta, que são fontes de glicose, ácidos graxos e aminoácidos (HIMMS-HAGEN, 1976). Para que a homeostase seja mantida pelo animal a perda de calor necessita ser aumentada ou diminuída de acordo com sua temperatura corporal, por processos físicos (BROWN-BRANDL, 2018). Silva e Maia (2013) definem termogênese como a transformação de energia química em calor e trabalho mecânico por meio de atividades

metabólicas do organismo, em geral é expressa por unidade de área unitária da superfície corporal.

Diversas são as origens de energia de um animal homeotérmico. Brown-Brandl (2018) cita que a produção do calor pelos animais pode ser dividida em quatro componentes: metabolismo basal (calor produzido pelas células em atividades de manutenção das funções vitais, excetuando a digestão e movimento ativo), calor da digestão (resultado da ingestão e digestão dos alimentos), calor da atividade (produzido pelos músculos durante atividade física) e metabolismo de produção (gerado nos processos fisiológicos durante a produção dos produtos e subprodutos, conforme a aptidão do animal). Além destas, a carga térmica poderá ser uma fonte importante de calor para os bovinos e determinante para seu equilíbrio térmico, principalmente em ambiente tropical e no verão em regiões temperadas.

Collier, Renquist e Xiao (2017) definiram estresse como uma pressão exercida a um sistema biológico por uma condição ou evento externo, que quando exercida a um animal faz com que ele recorra a mecanismos para reduzir o impacto destas alterações, ocasionando gasto de energia. Estes autores afirmaram que as respostas a estes estímulos têm diferentes intensidades e durações no organismo animal e são divididas em duas fases. A fase aguda pode ocorrer por horas ou até poucos dias e é conduzida por reguladores homeostáticos dos sistemas nervoso e endócrino. Já a fase crônica perdura por vários dias ou até mesmo semanas e sofre ação dos reguladores homeorréticos do sistema endócrino.

A reação do organismo animal à ação do estresse térmico, ou seja, sua resposta modificando suas funções orgânicas é chamada tensão (SILVA; MAIA, 2013). Quando o estresse provém do ambiente, a tensão é medida como alterações na temperatura corporal, taxa metabólica, produtividade e mecanismos de conservação ou dissipação de calor (COLLIER et al., 2019). Os bovinos utilizam mecanismos termorregulatórios autonômicos e comportamentais para amenizar os efeitos do estresse térmico (COLLIER; GEBREMEDHIN, 2015).

Além de suas funções fisiológicas modificadas, os animais quando estão fora de sua zona termoneutra tem suas funções reprodutivas e produtivas prejudicadas (ALFONZO et al., 2015). Collier e Gebremedhin (2015) citaram que as respostas dos animais frente a cenários de estresse térmico por diversos fatores ambientais como temperatura do ar, radiação solar, umidade do ar e velocidade do vento envolvem efeitos diretos e indiretos.

Conforme Ratnakaran et al. (2017), os animais respondem ao estresse de forma fisiológica, comportamental, ou com uma combinação de ambas, ocorrendo reações específicas conforme a duração, intensidade, estado fisiológico e restrições ambientais. As mudanças

comportamentais incluem a busca por sombra, mudança de posição em relação ao sol e aumento na ingestão de água. As duas principais respostas autonômicas são a sudorese e aumento na frequência respiratória (COLLIER; GEBREMEDHIN, 2015). A homeotermia é estabelecida pela diferença entre o calor metabólico somado a carga térmica ganha do ambiente e o calor evaporativo e não evaporativo dissipados (BROSH et al., 1998).

A eficiência da termorregulação é menor em touros europeus (*Bos taurus*), em comparação aos zebuínos (*Bos indicus*) (SILVA et al., 2013). Apesar de não serem bem adaptados a altas temperaturas e elevada umidade do ar, animais *Bos taurus* têm como características precocidade sexual e carcaças de boa qualidade (FORBES; ROUQUETTE; HOLLOWAY, 1980), características interessantes para exploração pela cadeia bovinocultora de corte, que podem ser agregadas a adaptabilidade dos animais zebuínos.

3.2 Mecanismos de transferência de energia térmica

Os animais homeotérmicos utilizam diferentes mecanismos para trocar calor com o ambiente. As trocas de energia térmica entre animal e ambiente são fundamentais, sobretudo em regiões tropicais em que, na maioria das vezes, o calor trocado entre ambos é o fator que determinará se o ambiente é ou não suportável para o animal (SILVA; MAIA, 2013). O calor excessivo dissipado pelo animal, chamado termólise, ocorre por meio de processos físicos sensíveis e latentes a fim de manter o equilíbrio térmico. A perda de calor sensível ocorre por condução, convecção e radiação, já a forma latente ocorre pela evaporação respiratória e cutânea (BROWN-BRANDL, 2018).

Entende-se por condução térmica a troca de calor entre partes de dois corpos, por meio do deslocamento de energia cinética das moléculas ou via transporte de elétrons livres (SILVA; MAIA, 2013). Já Brown-Brandl (2018) define como sendo a perda de calor para outro objeto sólido. Hill, Wyze e Anderson (2012) relatam que para que ocorra a condução é necessário o contato direto entre moléculas dos corpos envolvidos, podendo ocorrer entre a massa de um corpo ou entre dois ou mais corpos em contato direto. Todos os corpos possuem capacidade de transferir calor, chamada difusidade térmica, que está relacionada com a propriedade física das substâncias que o constituem e com sua capacidade de armazenar calor (SILVA; MAIA, 2013).

A convecção é a transferência de energia térmica por meio do ar ou de algum fluido (SILVA; MAIA, 2013), podendo ocorrer de forma livre/passiva decorrente de um diferencial de densidade, ou de forma forçada/ativa por forças mecânicas externas, como o ventilador. A convecção natural ocorre de forma espontânea quando o corpo do animal aquece a água ou o ar

na camada limite, estes se elevam por serem menos densos, sendo substituídos por um fluido mais frio (SILVA; MAIA, 2013). Já na convecção forçada há remoção do ar ou da água presentes na superfície da pele do animal por meio de corrente de ar ou brisa, ou até mesmo pela movimentação dos membros do animal (ROBINSON, 2014).

A radiação constitui um mecanismo de troca de energia térmica com o ambiente, ocorrendo em praticamente todos os lugares, já que todos os objetos emitem radiação eletromagnética (HILL; WYSE; ANDERSON, 2012). Estes autores afirmam que ao atingir um objeto a radiação pode ser absorvida, refletida ou atravessá-lo, e o comportamento adotado pela energia que incide sobre o objeto é relativo às propriedades que o constituem e também ao comprimento de onda. Silva e Maia (2013) citaram que radiação é a transferência de energia térmica entre corpos, por meio de ondas eletromagnéticas que compõem parte do espectro eletromagnético, variando do final da faixa de luz visível até o início da faixa de micro-ondas.

Quando a temperatura ambiente se eleva e ultrapassa a zona de termoneutralidade, situação de estresse por calor, os mecanismos sensíveis de transferência de calor são diminuídos, fazendo com que os animais recorram a mecanismos evaporativos de troca de calor para recuperar o equilíbrio térmico, também chamados de mecanismos latentes. As perdas de calor por evaporação podem ocorrer pela pele ou pelo trato respiratório, ao mudar do estado líquido para o gasoso a água absorve uma quantidade significativa de calor, o que torna este mecanismo de resfriamento altamente eficiente (HILL, WYSE, ANDERSON, 2012). Todavia, para que a água evapore é necessário um alto gasto energético chamado de calor latente de evaporação (HILL, WYSE, ANDERSON, 2012; ROBINSON, 2014) que pode variar de 2.395 a 2.490 J (570 a 595 calorias) por grama de H₂O, enquanto que para aquecer a água no estado líquido de 0 a 100 °C são necessárias 100 calorias, ou seja, apenas aquecer a água exige cerca de seis vezes menos calorias do que mudar do estado líquido para gasoso (HILL, WYSE, ANDERSON, 2012). Apesar da eficiência da troca de calor evaporativa, este mecanismo representa um grande gasto de energia que poderia ser utilizada para a conversão em produtos de origem animal. Estes mecanismos estão interligados e ocorrem sincronicamente, são acionados em diferentes momentos e intensidades conforme o animal necessita manter sua homeostase.

Sob condições estressantes termicamente, os animais acionam os mecanismos termorregulatórios e à medida que a temperatura ambiente aumenta, a perda de calor pela via evaporativa se torna mais importante (ROBINSON, 2014). No entanto, este autor afirma ainda que a eficiência da perda evaporativa diminui com o aumento da umidade do ar (conforme o ar fica mais saturado devido ao vapor d'água) e se torna a única forma de perda de calor quando

a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura do corpo. De maneira similar, Dahl, Tao e Laporta (2020) reportaram que as trocas evaporativas entre o animal e o ambiente são influenciadas pela umidade e temperatura do ar, ao passo que quanto maior o valor destas variáveis, maior a dificuldade em realizar trocas de calor pela via evaporativa.

3.3 Estresse por calor

O estresse pode ser entendido como um efeito ambiental exercido a um indivíduo, gerando uma sobrecarga e reduzindo seu sistema de controle, bem como sua capacidade de adaptação (SILVA et al., 2013), em outras palavras, o impacto dos fatores ambientais sobre o organismo. Em decorrência do estresse, há o acionamento de mecanismos fisiológicos resultando em alterações das taxas metabólicas, temperatura corporal, frequências cardíaca e respiratória, bem como modificações hormonais e de metabólitos sanguíneos (SILVA et al., 2013). No entanto, há dificuldade em se descrever matematicamente as interações térmicas entre a parte física e a fisiologia, visto que o estresse por calor resulta das interações complexas dos fatores comportamentais e fisiológicos dos animais com fatores físicos de transferência de calor (BROWN-BRANDL, 2018). A autora afirma ainda que fatores físicos podem ser descritos por meio de equações matemáticas, e as respostas fisiológicas do animal sofrem influência de diversos componentes dinâmicos, dificultando a sua quantificação. Conclui que, compreender estes fatores é importante para entender o efeito do estresse térmico nos animais.

Em virtude destes estímulos negativos provocados por fatores ambientais desfavoráveis ao longo da evolução, os animais desenvolveram formas para lidar com os agentes estressores. O termo adaptação é descrito por Silva e Maia (2013) como uma mudança que ocorre no organismo e é capaz de reduzir a tensão fisiológica provocada por agentes estressores, podendo ser dividida em três tipos: o primeiro deles é a aclimatação, relacionada a mudanças ocorridas em um organismo em função de mudanças induzidas experimentalmente, como por exemplo uma variável climática. O segundo é aclimatização, referente a modificações adaptativas em virtude de mudanças climáticas que ocorreram naturalmente, ou seja, uma adaptação fenotípica específica. O último tipo é a habituação, conceituada como a diminuição de respostas do organismo após reconhecer um fator climático estressante, após frequentes estímulos.

Os ajustes físicos, imunológicos e comportamentais podem impactar negativamente mesmo que consigam manter a homeotermia (HAHN, 1995). As consequências destas ações podem incluir desde a redução de seus índices produtivos até sua morte (HAHN, 1995; BROWN-BRANDL, 2018). Desta forma, o desempenho, saúde e bem-estar animal estão

diretamente dependentes da relação entre os fatores ambientais e as respostas dinâmicas do animal.

A pecuária em regiões semiáridas quentes é comumente realizada de forma extensiva, deixando os animais mais expostos a fatores estressantes devido as mudanças climáticas (SEJIAN et al., 2018). Isso faz com que seu potencial produtivo esteja mais exposto à influência de fatores meteorológicos, e quando submetidos ao estresse térmico os animais podem ter sua eficiência alimentar, taxas de crescimento e reprodução reduzidas, e, por conseguinte, sua produção e lucratividade (SEJIAN et al., 2018). No verão a pecuária global é prejudicada devido a redução da produtividade em virtude das altas temperaturas e umidade do ar, refletindo em perdas econômicas (ZHANG et al., 2020). Nääs e colaboradores (2010) apontam que as mudanças climáticas podem interferir no custo de produção em bovinos de corte no Brasil, diminuindo sua competitividade frente ao cenário internacional. Estes pesquisadores enfatizam a necessidade de utilizar mais informações climáticas para decisões de gerenciamento, no intuito reduzir os efeitos negativos das alterações do clima em um cenário futuro.

A variação na produção de calor pelos animais está intimamente ligada ao gasto de energia e atividade física que exercem e, conseqüentemente, à energia disponível para sua manutenção e crescimento (HERD; ARTHUR, 2009). Nesta perspectiva os fatores estressantes podem afetar os animais de forma simultânea, tornando-se fundamental compreender como os múltiplos estressores influenciam o desempenho animal e a resposta deste frente aos desafios (BAUMGARD; RHOADS JUNIOR, 2013; SEJIAN et al., 2018).

Situações em que a temperatura, umidade ou radiação solar de forma isolada ou em conjunto estejam em níveis desfavoráveis podem prejudicar a termorregulação (BERMAN, 2019). Dentre elas, a temperatura e umidade do ar são as mais difíceis de se modificar, então, para amenizar os impactos do estresse térmico primeiramente deve-se reduzir a carga de calor radiante sobre os animais e facilitar as perdas convectivas (BERMAN, 2019). Tendo em vista que o calor radiante e a perda de calor por convecção na superfície corporal do animal estão associados, aumentar as perdas convectivas dissipa maior quantidade de calor e reduz o efeito da radiação de calor incidente, equilibrando o balanço térmico do animal (BERMAN, 2019).

Os efeitos do estresse por calor podem variar conforme o ambiente (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento e radiação solar), suscetibilidade individual do animal (sexo, estado de saúde, aclimatação, escore de condição corporal) e manejos com o rebanho (alimentação, água, instalações e manipulação) (BROWN-BRANDL, 2018). Portanto, a compreensão destes fatores e sua influência sobre os animais é fundamental para que a pecuária possa ser conduzida de forma mais eficiente.

3.4 Índices de estresse térmico

Os índices de estresse térmico são ferramentas úteis para monitorar o conforto, visto que podem avaliar conjuntamente os efeitos da temperatura, umidade, radiação solar e vento, por meio de uma equação. Estes índices objetivam integrar os componentes do ambiente térmico em uma única medida que expresse seu potencial impacto na homeostase térmica, avaliam o estresse térmico sob os animais indiretamente, conforme a tensão que produz bem como indicam a necessidade de utilizar medidas para atenuá-lo e o melhor momento para empregá-las (BERMAN et al., 2016). Dessa forma, auxiliam na tomada de decisão em ações de manejo da atividade pecuária. Além disso, o valor obtido do índice de estresse térmico somado a determinação de medidas fisiológicas contribuem para o entendimento das respostas dos animais frente as mudanças do ambiente (RASHAMOL et al., 2019).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi desenvolvido por Thom (1959) para humanos, que é utilizado para estimar o conforto térmico. Muitas equações derivaram a partir desta e foram modificadas ao longo do tempo (SEJIAN et al., 2018). Dessa forma, Berman et al. (2016) propuseram o desenvolvimento de um índice de estresse térmico que leva em consideração o calor sensível do ar e a umidade relativa, e que avalia de maneira mais equitativa, chegando à seguinte equação:

$$ITU = 3,43 + 10,58 \times Tbs - 0,293 \times UR + 0,0164 \times Tbs \times UR + 35,7$$

Em que Tbs é a temperatura do bulbo seco ($^{\circ}C$) e a UR , umidade relativa (%).

Amplamente utilizado, Sejian et al. (2018) consideram o ITU como o indicador de estresse térmico de boa confiabilidade, utilizado para monitorar e antever possíveis ameaças e perigos provenientes das modificações no ambiente térmico. Uma desvantagem do uso deste índice é não incorporar a radiação solar e a velocidade do vento, considerados dois elementos importantes e que influenciam no conforto térmico (GAUGHAN et al., 2008; SEJIAN et al., 2018). Existem na literatura categorizações de ITU propostas por diferentes autores e desenvolvidos em regiões de condições climáticas distintas, Thom (1959) sugeriu que valor de ITU inferior a 70 representava conforto térmico, entre 70 e 74 indicava desconforto, 75 a 79 muito desconfortável e superior a 80 seriamente desconfortável.

Eigenberg et al. (2005) com novilhos de composição genética 1/4 Angus, 1/4 Hereford, 1/4 Pinzgauer, 1/4 Red Poll, Sousa et al. (2016) e Sousa et al. (2018) com bovinos da raça

Nelore confinados, utilizaram as seguintes classificações de ITU: normal ≤ 74 ; estado de alerta de $74 < ITU \leq 79$; estado de perigo de $79 < ITU \leq 84$ e emergência $ITU > 84$.

Ao avaliar bovinos de corte, confinados, *Bos taurus* e *Bos indicus* e seus cruzamentos Gaughan et al. (2008) desenvolveram o Índice de Carga Térmica (ICT). Este índice incluiu a temperatura do globo negro, velocidade do vento e umidade relativa e utilizaram valores de globo superiores ou inferiores a 25 °C:

Para temperaturas de globo negro inferiores a 25 °C:

$$ICT = 10,66 + (0,28 \times UR) + (1,3 \times T_G) - V$$

Para temperaturas de globo negro superiores a 25 °C:

$$ICT = 8,62 + (0,38 \times UR) + (1,55 \times T_G) - (0,5 \times V) + [e^{2,4-V}]$$

Em que: T_G é temperatura do globo negro (°C); UR é a umidade relativa (%); V é a velocidade do vento ($m \cdot s^{-1}$); e corresponde ao logaritmo natural (2,71828).

A interpretação do valor de ICT depende do genótipo, cor do pelo, estado de saúde do animal, alimentação, acesso à sombra, manejo do esterco e temperatura da água ingerida. Para *Bos taurus* (sem sombra) o ICT até 86 é considerado situação normal e para *Bos indicus* (sem sombra) valor de até 96. Desta forma, o ICT crítico depende de ajustes para mais ou para menos. Para a raça Angus, sem sombra e 100 dias em confinamento é de 86, para *Bos taurus* europeu 89, *Bos indicus* 96.

3.5 Região tropical

A região tropical compreende a porção de terra situada entre os Trópicos de Câncer (28°28' N) e Capricórnio (23°28' S) e corresponde a aproximadamente 50 milhões de km² de terra, e a posição geográfica, ou seja, os valores de latitude e longitude são fatores determinantes para as variações climáticas (OSBORNE, 2012). O autor caracteriza esta região como quente e com pouca variação sazonal de temperatura, com evidente variação sazonal de chuvas, sendo estes os principais fatores climáticos. Afirma ainda que ao nível do mar há ausência de estação fria e as médias de temperatura geralmente são superiores a 18 °C e ocorre pequena variação na temperatura e radiação solar diárias.

Conforme Novais, Brito e Sanches (2018), o município de Uberlândia está situado em um clima zonal quente, domínio tropical e subdomínio semiseco com altimetria entre 600 e 950 metros. Os autores citam que o período chuvoso corresponde de novembro a março e o seco de abril a setembro. Além disso, a temperatura média do mês mais frio do ano está entre 18 a 20 °C e a média de precipitação anual varia entre 1350 e 1600 mm. Em um zoneamento bioclimático realizado na mesorregião do Triângulo Mineiro, no qual se situa o município de Uberlândia, Brito et al. (2020) investigaram a ocorrência de ondas de calor a partir do cálculo de ITU de 2008 a 2017. Identificaram que o ITU médio para Uberlândia foi 72 (valores mínimos e máximos de 52 e 89, respectivamente) com a ocorrência dos maiores ITUs médios mensais de janeiro a março e outubro a dezembro.

Para Silva, Maia e Costa (2015) a região tropical possui radiação solar de alta magnitude, sendo a temperatura radiante média durante o dia mais elevada do que a temperatura do ar. A temperatura radiante média é dada pela temperatura média de todas as superfícies (reais ou virtuais) que circundam e trocam energia térmica com o animal (SILVA; MAIA, 2013). Apesar da distribuição do calor radiante variar em um ambiente térmico, principalmente nos que não possuem sombra, a temperatura do ar se mantém homogênea (BERMAN, 2019). Disse também que sob condições de céu claro a radiação solar direta representa de 80 a 95% da radiação global enquanto a radiação solar indireta corresponde entre 10 e 15%, podendo constituir um ambiente estressante aos animais.

Tendo em vista as projeções climáticas futuras faz-se necessário monitorar periodicamente os animais e suas respostas ao ambiente térmico, desenvolvendo ferramentas e estratégias que auxiliem os pecuaristas a lidar com os efeitos nocivos das altas temperaturas sobre os animais. Visto que, o ambiente tropical pode ser desafiador aos animais *Bos taurus*, que apesar de apresentarem boa produtividade são considerados mais vulneráveis a altas temperaturas.

3.6 A Raça Senepol

Inicialmente a raça foi desenvolvida para atender os requisitos do ambiente tropical caribenho, reunindo tolerância ao calor, resistência a parasitas e boa produtividade (THRIFT; FRANK; AARON, 1986). Flori et al. (2012) citam que a raça Senepol originou-se no século XX supostamente oriunda de cruzamentos entre raças de origem europeia Red Poll e africana N'Dama. Entretanto, estes autores ao genotiparem 153 indivíduos Senepol com o objetivo de investigar suas origens genéticas relataram que na análise genômica as proporções de ancestralidade africana da raça Senepol foi de apenas 0,6%, 89% de origem europeia, 10,4%

zebuína. Citam que a suposta ancestralidade africana pode ter sido contra selecionada nas primeiras gerações em virtude da seleção para produção de carne e caráter mocho. No entanto, confirmaram a adaptabilidade sob condições tropicais e a importância do *SLICK* hair para a termotolerância. Animais Senepol são considerados adaptados a regiões tropicais, uma vez que mantêm sua temperatura corporal dentro do padrão fisiológico durante o estresse por calor (HAMMOND et al., 1996).

Hupp (1978) descreve as características da raça Senepol com pelagem que varia do marrom claro ao vermelho escuro, de focinho amplo acinzentado e com narinas abertas. O autor acrescenta que os animais Senepol possuem porte médio, quartos dianteiros mais desenvolvidos em relação aos quartos traseiros, barbela curta, pele grossa, flexível e solta, de pelagem curta e brilhante e orelhas médias voltadas para cima.

As características de termotolerância e rusticidade visadas desde o início do desenvolvimento da raça Senepol contribuíram para sua alta performance em regiões quentes, considerando que a maioria dos bovinos importados de regiões temperadas não apresentaram bom desempenho devido ao estresse térmico e nutricional a eles imposto (HUPP, 1978). O autor cita que a seleção genética almejada nos primeiros animais Senepol na ilha de Saint Croix incluía cor de pelos vermelha, boa conformação corporal, precocidade, ausência de chifres, docilidade e tolerância ao calor. Quanto ao aspecto produtivo, a raça Senepol pertence ao grupo de animais taurinos adaptados e apresentam desenvolvimento precoce em relação a raças não adaptadas (TRHIFT et al., 2010), podendo também ser utilizada para melhorar parâmetros genéticos para desempenho, características de carcaça e eficiência alimentar (NOVO et al., 2021).

A adaptação da raça Senepol a ambientes com temperaturas elevadas é atribuída a sua pelagem lisa e brilhante, denominada *SLICK hair*, que lhe confere termotolerância (FLORI et al., 2012). O *SLICK hair* foi inicialmente identificado em animais da raça Senepol como um gene dominante (OLSON et al., 2003) e posteriormente o locus foi mapeado para o cromossomo bovino (Chr) 20 (MARIASEGARAM et al., 2007; FLORI et al., 2012). Animais portadores do gene *SLICK* tem um fenótipo distinto e são capazes de reduzir os efeitos negativos do estresse térmico e manter a temperatura corporal profunda em valores fisiológicos mesmo sob determinados graus de estresse térmico, graças a uma mutação no receptor de prolactina que lhe provê a pelagem característica (OLSON et al., 2003).

A chegada dos primeiros animais Senepol no Brasil foi no ano 2000, desde então a raça teve uma considerável expansão em virtude de características produtivas relevantes (GUIMARÃES et al., 2017). Em um teste de tolerância ao calor com bovinos Senepol no

cerrado Silva et al. (2017) constataram que a raça é adaptada às condições climáticas do bioma. Verificaram que mesmo em situações de consideradas de estresse térmico os animais não apresentaram grandes alterações fisiológicas, nem precisaram recorrer a mecanismos extremos de termorregulação, sendo possível sua exploração em condições climáticas semelhantes. Hammond et al. (1996) relatam que animais *Bos taurus* tolerantes ao calor, como o Senepol, podem ser fontes viáveis de germoplasma para a adaptação em ambientes quentes. Sua utilização em programas de cruzamentos traria efeitos positivos à progênie em relação a tolerância ao calor e a docilidade no temperamento, contudo, mais estudos são necessários.

3.7 Sistema *GrowSafe*[®]

Métodos rudimentares para mensurar o consumo de alimentos dos animais de forma manual ou alojando-os individualmente são caros, trabalhosos e alteram a performance dos animais (HUISMA, 2015). Além disso, para o autor os problemas operacionais como mão-de-obra, custo e o fato de que analisar animais alojados de forma isolada, não retrata o mesmo desempenho dos mesmos nos ambientes de produção, de forma coletiva, ignorando fatores comportamentais e de competição. Estes entraves somados ao desenvolvimento tecnológico permitiram o surgimento de sistemas mais eficazes que monitoram com maior precisão o comportamento ingestivo dos animais.

O *GrowSafe Systems*[®] é um equipamento eletrônico de origem canadense utilizado para fins de pesquisa de eficiência alimentar que registra automaticamente o consumo de cada animal, por meio de balanças automatizadas a cada segundo (MARZOCCHI et al., 2019). É composto por um leitor/transmissor que envia ondas eletromagnéticas para um *transponder*, por meio de uma antena. O *transponder* envia novamente a onda eletromagnética para a antena do leitor/transmissor (HUISMA, 2015). Seu funcionamento é por meio da tecnologia de rádio frequência, monitora a ingestão de alimento e registra os padrões de alimentação individualmente, como as visitas ao cocho, qual o cocho escolhido por animal, como também sua permanência no mesmo (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN; ATWOOD; MCALLISTER, 2002).

Assim, a tecnologia de monitoramento individual e em tempo real dos animais representa um grande avanço tecnológico, com o *GrowSafe Systems*[®] é possível identificar, mensurar, monitorar e gerir o consumo e comportamento ingestivo de diversos animais de forma individual, simultaneamente e de forma automatizada (HUISMA, 2015). O autor ainda cita que estes dados podem ser relacionados ao desempenho, eficiência produtiva, sanidade,

resposta à fármacos e suplementos, mostrando-se eficiente frente aos desafios encontrados pela mensuração manual e individual de consumo pelos animais.

A determinação de alguns indicadores zootécnicos, por exemplo, o consumo de alimentos, pesagens, ganho médio diário de massa corporal e de indicadores financeiro-econômicos é mais facilmente realizada em bovinos sob confinamento (COSTA, 2013). Somado a isto, a alimentação é o fator de maior impacto na produção de bovinos de corte, sendo responsáveis por até 70% dos custos de produção em bovinos a pasto, e em confinamentos este valor pode representar 90% do custo total (MARTELLO et al., 2016). Desta forma, investigar os fatores que influenciam a eficiência alimentar em animais Senepol pode contribuir para que a atividade seja mais rentável e sustentável, tendo em vista o alto impacto financeiro dos custos da alimentação na atividade.

3.8 Fatores que influenciam a ingestão de alimentos

3.8.1 *Fatores relacionados ao animal*

Dentre os herbívoros, os ruminantes são os animais que apresentam maior eficiência no aproveitamento de energia proveniente de alimentos fibrosos, devido a retenção pré-gástrica e subsequente fermentação juntamente a microrganismos simbiotes (VAN SOEST, 1994). O rúmen aloja diversos microrganismos como bactérias, protozoários, fungos, arqueas e vírus, que desempenham papel crucial na utilização de carboidratos e proteínas, por meio do processo de fermentação ruminal (LOOR; ELOLIMY; McCANN, 2016). O ruminante é um transformador de produtos que não são utilizados ou utilizados em pequena quantidade pelo homem em proteínas de alto valor biológico (ANDRIGUETTO; PERLY, 1994). Devido este potencial, os ruminantes desempenham papel fundamental para o abastecimento alimentar da população mundial.

Após a ingestão de alimentos os processos digestivos e metabólicos liberam calor (BROWN-BRANDL, 2018; JOHNSON, 2018), impactando diretamente na taxa metabólica e, consequentemente, a frequência em que ingerem alimentos (HILL; WYSE; ANDERSON, 2012). Este calor liberado nos processos digestivos, também chamado de incremento calórico, requer atenção visto que a produção de carne bovina depende da ingestão de nutrientes, entretanto, a ingestão é regulada e limitada por exigências fisiológicas e metabólicas (ALBERTINI et al., 2015). Os autores dividem os fatores de controle da ingestão de alimentos em curto e longo prazo: os de curto prazo são os que afetam o comportamento em situações pontuais, como por exemplo, na decisão de visitar o cocho, há o envolvimento de uma série de processos biológicos, hormônios, neurotransmissores e receptores atuando em uma rede de

sinais. Já os fatores de longo prazo determinam o padrão geral de alimentação do animal ao longo do tempo, como por exemplo, a influência do grupo genético no consumo, a energia para manutenção de animais taurinos é maior do que de zebuínos, portanto os taurinos apresentam maior consumo de alimentos. Para os mesmos autores, o controle do consumo alimentar é regido por mecanismos quimiostáticos, em função da capacidade genética do animal sentir-se saciado ao alcançar o aporte máximo de energia, e o controle físico, em que a quantidade de alimento ingerida seria controlada pelo enchimento ruminal (material indigestível ou de baixa digestibilidade retarda a taxa de passagem e reduzem a ingestão alimentar).

Estimar a ingestão de alimentos em bovinos de corte é um trabalho complexo dada a natureza multifatorial que envolve seu controle nos ruminantes, porém necessária para verificar se as demandas de manutenção e produção dos animais estão sendo atendidas, entre o que é esperado e o que acontece de fato (NRC, 2016). No entanto, as equações de predição de consumo são generalistas e não englobam total ou diretamente inúmeros fatores fisiológicos, ambientais ou de manejo, servem como base para prever o consumo mas devem, quando necessário, receber ajustes em função das circunstâncias de manejo, ambientais ou fisiológicas. Ainda segundo o NRC (2016), múltiplos fatores influenciam a ingestão de ração, dentre eles a composição corporal (especialmente a gordura corporal, devido os feedbacks sinalizados pelo tecido adiposo), sexo, estresse térmico (por frio ou calor), fotoperíodo, disponibilidade e qualidade dos alimentos.

As variações no consumo em bovinos de corte acontecem durante seu ciclo produtivo para promover um equilíbrio dinâmico interno face aos sucessivos desafios impostos pelo ambiente e necessidades metabólicas (AZEVEDO et al., 2016). Estes autores ressaltam que modificações pequenas no consumo alimentar de bovinos de corte são suficientes para limitar a eficiência dos processos produtivos, posto que, grande parte dos nutrientes ingeridos na dieta são direcionados para manutenção. Assim, para estes autores as limitações na ingestão de alimentos reduzirão sua taxa de crescimento, o que restringe seu potencial para ganho de massa corporal e compromete a lucratividade.

Bovinos com aptidão para carne são prejudicados em menor proporção pelo estresse por calor e toleram valores de ITU maiores que os de aptidão leiteira (BAUMGARD; RHOADS JUNIOR, 2013). Estes autores atribuem como possíveis causas da melhor tolerância: a maior área de superfície corporal, menor produção de calor ruminal e produção metabólica geral reduzida (baseado na massa corporal). No entanto, relatam que bovinos em fase crescimento tendem a diminuir a ingestão de alimentos quando submetidos ao estresse por calor, afetando diretamente a síntese de crescimento dos tecidos e, conseqüentemente, redução de desempenho.

Em concordância, Augenstein et al. (2020) citam que para gado de corte em crescimento a temperatura corporal aumenta conforme a temperatura ambiente se eleva, sob condições de estresse por calor, além de muitos fatores influenciarem a severidade da resposta ao estresse térmico nos animais de forma individual.

Além de reduzir a ingestão de alimentos o estresse por calor pode desencadear diversas alterações metabólicas pós-absortivas no que diz respeito ao metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (BAUMGARD; RHOADS JUNIOR, 2013). Os autores citam que esta mudança no particionamento dos nutrientes é reflexo de um mecanismo adaptativo que prioriza a manutenção da temperatura corporal. Nesta perspectiva, um animal normotérmico e um hipertérmico, em estado energético equivalente, se diferenciam pelo fato de que o animal sob estresse é incapaz de utilizar mecanismos poupadores de glicose (estado metabolicamente inflexível, em que não consegue mobilizar tecido adiposo) e priorizar a produção (carne ou leite) em detrimento de manter sua homeotermia (BAUMGARD; RHOADS JUNIOR, 2013).

Há dificuldade em ilustrar como as consequências negativas do estresse pelo calor, por menor que sejam, oneram a indústria de bovinos de corte. St-Pierre, Cobanov e Schnitkey (2003) estimaram as perdas ocorridas nas principais indústrias pecuárias nos Estados Unidos em virtude do estresse por calor, incluindo vacas de corte e bovinos em terminação. Neste estudo, estimaram o pequeno prejuízo de US\$2,60 por animal na fase de cria, mas que a somatória totaliza uma grande quantia de US\$87 milhões. Na fase de terminação o prejuízo por animal é ainda maior e atinge o valor de US\$12,07 que corresponde a 1,5% da renda bruta por animal, sendo o grande custo econômico de US\$287 milhões ao ano em todo o território nacional.

Estudos reportaram menor ingestão de alimentos em bovinos criados sob calor. De acordo com Bernabucci et al. (2010), o limiar de temperatura e umidade relativa para a redução na ingestão de matéria seca em bovinos de corte são 30 °C e 80%, respectivamente. Em outro estudo, Brown-Brandl et al. (2003) analisaram respostas termorregulatórias de novilhos mestiços (1/4 Angus, 1/4 Hereford, 1/4 Pinzgauer, 1/4 Red Poll, massa corporal $330 \pm 8,2$ kg e idade média de $370 \pm 5,1$ dias) divididos em três grupos que eram alimentados sob conforto ou elevadas temperaturas ambientais (grupo 1: 18 ± 7 °C; grupo 2: 30 ± 7 °C e grupo 3: 34 ± 7 °C). Encontraram diferença no consumo entre os grupos, em que houve redução de 33,3% no consumo quando a temperatura passou de 18 °C (grupo 1) para 30 °C (grupo 2) (a redução foi de $5,1 \pm 0,44$ kg.dia⁻¹ para $3,4 \pm 0,47$ kg.dia⁻¹). O decréscimo no consumo tornou-se mais significativo quando a temperatura ambiente se elevou de 30 °C (grupo 2) para 34°C (grupo 3), representando 58,82% de queda no consumo ($3,4 \pm 0,47$ kg.dia⁻¹ para $2,0 \pm 0,41$ kg.dia⁻¹). Os

autores ainda relataram que houve pequeno aumento de consumo de ração próximo ao sétimo dia após exposição a altas temperatura, o que pode ser um indicativo de aclimação.

Fernandes (2005) realizou um estudo com vacas da raça Holstein (não gestantes e não lactantes), portadoras de cânulas, com alimentação *ad libitum*, mantidas em galpão (sob conforto térmico a 21 °C) e em câmara climática (sob estresse por calor a 38 °C). Relatou consequências negativas para o grupo de animais sob estresse, dentre elas a redução no consumo de matéria seca em 22% em relação ao grupo sob conforto, além de 47% de aumento no nitrogênio amoniacal e redução de digestibilidade (49% para matéria seca, 55% para proteína bruta, 52% para energia bruta, 44% para amido, 31% para extrato etéreo e 26% para extrativo não nitrogenado).

Outros fatores importantes relacionados a quantidade de matéria seca ingerida são a frequência com que os animais se alimentam e o tempo gasto nas refeições. Da Silva et al. (2018) investigaram a influência de diferentes frequências de alimentação sobre o desempenho, características de carcaça e comportamento alimentar de 48 touros Nelore (12 meses, 358,2 kg) durante 94 dias. Relataram que o aumento do peso corporal e do ganho médio diário se elevaram quando houve aumento na frequência de alimentação, a conversão alimentar também foi melhor nesta situação. Com o aumento na frequência de alimentação os animais em terminação elevaram o consumo de matéria seca, tempo de ruminação, tempo de descanso e ingestão de FDN, chegando à conclusão que o melhor cenário para touros Nelore ao sobreano é o arraçoamento três vezes ao dia.

Devido as circunstâncias acima citadas, tornam-se cada vez mais necessário produzir animais com boa produtividade e termotolerantes, visto que a seleção e melhoramento genético que visam exclusivamente características produtivas podem originar animais mais suscetíveis ao calor ambiental, visto que a produção de calor metabólico nestes indivíduos é maior (O'BRIEN, 2010). O autor ainda reforça a importância de entender os mecanismos pelos quais a carga de calor afeta negativamente os bovinos em crescimento, uma vez que pode auxiliar na elaboração de estratégias nutricionais ou farmacêuticas para otimizar a produtividade nos meses mais quentes do ano. Aliado a isto, acelerar identificação de animais com genótipos e fenótipos mais eficientes contribui para a redução dos custos e desenvolvimento da atividade (MARZOCCHI et al., 2019).

3.8.2 Fatores relacionados ao alimento

O comportamento e a seleção alimentar são complexos, a alimentação é a principal forma que o animal preenche seus requisitos metabólicos e alcança o equilíbrio, deste modo, a

ingestão voluntária de alimentos constitui um fator importante para a produção animal (GINANE et al., 2015). Desta forma, compreender os mecanismos controladores da seleção e ingestão dos alimentos é um trabalho importante, porém complexo, dadas as particularidades do sistema digestivo dos ruminantes (SILVA, 2011). Para este autor, os mecanismos que permeiam a alimentação animal são interligados entre si, a ingestão de alimentos depende da quantidade, absorção e digestibilidade de nutrientes contidos na dieta, que por sua vez, estão relacionados à cinética e a taxa de passagem pelo trato digestivo.

Informações referentes ao consumo de matéria seca são cruciais aos sistemas produtivos, posto que o desempenho dos animais está diretamente ligado à ingestão de nutrientes, em especial, proteína e energia que atenderão as exigências para manutenção e produção (RIBEIRO et al., 2012).

Como reflexo da redução na ingestão de alimentos há redução no consumo de micronutrientes que pode resultar em desbalanço, como por exemplo os minerais ocasionando alterações eletrolíticas, e também deficiência de vitaminas, podendo desencadear lesões oxidativas e depressão imunológica (RENAUDEAU et al., 2012). Assim, modificações na alimentação são empregadas no intuito de amenizar os impactos negativos do estresse por calor sobre o gado, sabe-se que o incremento calórico em dietas com alto teor de proteína bruta ou fibra é maior do que amido ou gordura. Ainda segundo os autores, dietas altamente protéicas tem maior incremento calórico por causa da desaminação do excesso de aminoácidos para sintetizar ureia e *turn over* protéico. Aliado a isto, dietas com menor nível de fibra limitam menos o consumo (RENAUDEAU et al., 2012). São apontadas pelos autores duas estratégias nutricionais para animais sob estresse pelo calor: a primeira consiste no uso de energia ou proteína concentrada para reverter a baixa ingestão de matéria seca, a segunda é utilizar dietas de baixo incremento calórico para melhorar a ingestão.

Uma das teorias que buscam explicar a regulação do consumo é a teoria da regulação física da ingestão, em que a ingestão seria limitada pela capacidade de enchimento ruminal e estiramento das paredes do rúmen (MERTENS; GRANT, 2020). Para Albertini et al. (2015) o controle físico do consumo ocorre em função da repleção ruminal, onde há material não digerido ou de lenta digestibilidade que leva a menor ingestão de alimentos (comumente associados a forragens de baixa qualidade). No caso das forragens, o consumo e a digestibilidade são amplamente influenciados pelo teor de fibra, especialmente a quantidade de fibra de detergente neutro (FDN) que tem papel fundamental no controle físico, estabelecendo uma relação complexa e não linear com o consumo de matéria seca (HARPER; McNEILL, 2015).

Outra teoria citada por Mertens e Grant (2020) é a fisiológica, esta sugere que os animais regulam o consumo de forma que o produto da ingestão e a concentração de energia da dieta igualem-se a demanda de energia do animal. Assim, o controle quimiostático é relativo a capacidade genética do animal, no qual a saciedade é atingida pelo aporte máximo de energia, ou seja, sua produção potencial naquele instante (ALBERTINI et al., 2015).

A teoria psicogênica engloba respostas comportamentais do animal frente a fatores estimuladores ou inibidores, ligados ao alimento ou ambiente, mas que não estão ligados a energia ou enchimento ruminal (MERTENS, 1994). Exemplos desses fatores são: textura, coloração, odor, aparência visual, status social, aparência do alimento e aprendizados anteriores que influenciam na seleção e podem interferir no ato de consumir ou não um alimento, bem como na quantidade ingerida.

A ingestão de água é outro fator importante na produção pecuária, é feita para atender os mecanismos homeostáticos, e é requerida em grande quantidade em virtude do papel que desempenha nos processos digestivos (SILVA, 2011). Para o autor, a água atua como um facilitador da digestão dos alimentos, é constituinte da saliva e compõe a grande reserva de fluídos do rúmen. Ressalta ainda que o consumo de água líquida, sob condições termoneutras apresenta uma correlação linear com a quantidade de alimentos ingerida, porém pode ser ainda mais requerida sob dietas altamente protéicas devido o incremento calórico.

Brosh et al. (1998) em um experimento com novilhas da raça taurina Hereford expostas ou não a radiação solar, recebendo dietas de alta e baixa quantidade energética afirmaram que, em gado de corte, para atingir bons índices de produção é necessário elevado consumo de dietas com alto teor de energia. Para estes autores este aumento na energia da dieta é a principal causa na carga de calor em bovinos na fase de crescimento, superando inclusive o efeito da radiação solar. Mader (2013) cita que além de consumir mais ração, animais com desempenho superior geram maior calor metabólico proveniente dos processos de digestão, tornando-se mais suscetíveis ao estresse por calor.

3.8.3 Fatores relacionados ao ambiente

As preocupações com a elevação da temperatura ambiente e seus impactos na produtividade animal nas regiões tropicais, subtropicais e países de zona temperada durante o verão são cada vez mais crescentes, principalmente em um cenário futuro onde se esperam temperaturas cada vez mais elevadas (RENAUDEAU et al., 2012). Segundo os autores, há um antagonismo entre a produtividade animal e a adaptabilidade, devido a produção de calor metabólico ser mais elevada em animais de alta performance, que reduzem o consumo alimentar

sob situações de desconforto térmico. A magnitude e a natureza das mudanças ambientais climáticas precisam ser elucidadas, porém, o impacto do estresse por calor já é um problema global que afeta a saúde, bem-estar e produtividade no gado (LEES et al., 2019).

O Brasil é um país com vasta extensão territorial, abrange diversos aspectos geográficos, relevos e massas de ar, estes fatores influenciam diretamente na temperatura e pluviosidade, provocando diferenças climáticas regionais (AZEVEDO et al., 2016). O gado de corte é comumente criado a pasto e está mais exposto aos fatores ambientais, isto o torna vulnerável não somente a condições ambientais extremas, mas também a pequenas mudanças rápidas no ambiente térmico (BERNABUCCI et al., 2010). Dessa forma, o ambiente pode afetar a produtividade animal de duas maneiras: a primeira delas é de forma direta afetando o consumo de ração, a segunda e mais impactante é por meio de alterações no metabolismo animal (COOKE et al., 2020).

A temperatura não é o único agente estressor aos animais, que enfrentam problemas como a sazonalidade na oferta de alimentos e água, em especial os criados de forma extensiva, que precisam percorrer grandes distâncias em busca destes recursos (SEJIAN et al., 2018). As principais variáveis meteorológicas que propiciam o estresse por calor nos animais são a radiação solar, velocidade do vento, umidade e temperatura do ar (BERMAN, 2019). Nesta perspectiva, o Comitê Científico de Saúde e Bem-Estar Animal (SCAHAW, 2001) estabelece duas situações, com limiares de temperatura e umidade que, se excedidos, iniciam efeitos negativos sobre a ingestão de alimentos em bovinos: o primeiro é quando a temperatura está entre 0 °C e 30 °C e umidade relativa está abaixo 80%, o segundo quando a temperatura de 27 °C e umidade relativa superior a 80%.

A influência de variáveis meteorológicas sobre o desempenho de animais foi investigada em alguns estudos. Para averiguar o efeito do estresse por calor sobre o consumo de ração Curtis et al. (2017) utilizaram 26 novilhos mestiços Black Angus (347 ± 29 kg de massa corporal) durante o verão, monitorando as variáveis ambientais, consumo de ração e temperatura ruminal. O CMS diário variou de 4,06 a 10,03 kg (média de $8,70 \pm 2,81$ kg em todo o período experimental), constataram uma correlação positiva entre a temperatura ambiente e temperatura ruminal, e que houve queda no consumo de ração dias após exposição a condições térmicas desfavoráveis.

Parish et al. (2016) avaliaram os efeitos de parâmetros meteorológicos diários sobre o consumo de ração em 12 touros Angus desmamados (massa corporal inicial $255,6 \pm 5,6$ kg), com dieta de alto grão e monitorados pelo sistema *Growsafe*. Os resultados mostraram que o consumo de ração foi influenciado pela interação da temperatura máxima diária e umidade

relativa máxima, de forma inesperada, os touros consumiram 1,7 kg.MS a mais sob valores mais altos de temperatura máxima ($>34,2$ °C) e umidade relativa ($>98,1\%$) quando comparados aos níveis baixos de temperatura e umidade ($<31,2$ °C e $<93,1\%$, respectivamente). A pluviosidade foi um fator que influenciou fortemente o consumo, nos dias em que houve precipitação o consumo de ração diminuiu 0,9kg, em conclusão, as condições ambientais influenciam as flutuações de consumo diário de ração no gado, as respostas de comportamento alimentar resultam da combinação de parâmetros climáticos.

A severidade do estresse por calor está diretamente ligada aos padrões de temperatura ambiente, mesmo que o animal seja exposto a altas temperaturas durante o dia, ele tem a capacidade de dissipar a carga de calor no período noturno, caso as temperaturas estejam amenas e a umidade relativa não esteja tão alta (SULLIVAN; MADER, 2018). Brosh et al. (1998) estudando bovinos Hereford afirmam que alimentar-se nas horas mais frias do dia permite que os animais dissipem mais facilmente o calor para o ambiente por vias não evaporativas (BROSH et al., 1998). Senft e Rittenhouse (1985) verificaram variação de 9 a 14 dias de aclimação para bovinos Hereford, Polled Hereford, Angus, Santa Gertrudis e Charolês. Concluíram que a aclimação para gado de corte é variável entre as raças.

A hipertermia induzida nos animais devido o ambiente desfavorável prejudica a cadeia produtiva e um dos sinais mais notórios sob situação de estresse é a redução da ingestão de alimentos, uma estratégia evolutiva para reduzir o incremento calórico (O'BRIEN et al., 2010). Neste estudo, bovinos de corte em fase de crescimento foram divididos em câmaras simulando condição de termoneutralidade (20 °C de temperatura e 20% umidade relativa) ou estresse pelo calor (de 29,4 °C a 40 °C e 20% de umidade relativa). O grupo de animais sob estresse por calor reduziu o consumo de ração em 12% e é apontado como o provável fator que mais afeta negativamente a pecuária global.

3.8.4 Fatores relacionados ao manejo

Manejar o gado acarreta impactos no bem-estar e na produtividade animal, as respostas do gado de corte dependem, em parte, das características genéticas dos animais pois há uma reatividade geral de bovinos (contidos ou não) e a interação humana é um dos fatores que mais interfere na resposta animal (GRIGNARD et al., 2001). Ademais, boas práticas de manejo estão associadas a melhores comportamentos dos animais como menor reatividade e estresse (CEBALLOS et al., 2018) e, conseqüentemente, melhor desempenho.

Outro aspecto importante a ser considerado é que em regiões tropicais e subtropicais têm-se predominantemente animais *Bos indicus*, com menor participação de animais *Bos taurus*

(COOKE et al., 2020). Entretanto, frequentemente são manejados utilizando práticas de manejo desenvolvidas em regiões temperadas, distintas das quais estão inseridos. Para os autores, este é um problema limitador ao desenvolvimento da atividade, pois cada subespécie deve receber um manejo específico, visto que cada uma delas possui características adaptativas, metabólicas, sociais, resistência a parasitas e interação humano-animal, portanto, as práticas de manejo (especialmente nutricional) devem ser desenvolvidas de forma específica para aumentar as respostas de desempenho.

Como reportado por Watson et al. (2013) dados de desempenho animal, como o peso, são influenciados por fatores como atividades de pesagem, temperatura ambiente, ingestão de ração e manejo. Aliado a isto, os fatores de regulação de consumo estão ligados ao manejo alimentar ou a outros fatores. Dentre os fatores ligados ao alimento estão a acessibilidade, forma de apresentação, frequência, recusa, aceitação ou afastamento (MERTENS, 1994). Para o autor, os demais fatores de manejo que influenciam a ingestão de alimentos são: estresse, interações sociais, manuseio e condições de manejo. Acrescenta que os estímulos psicogênicos associados à palatabilidade, doenças, interações sociais e manejo alimentar podem modificar os papéis da limitação física e regulação fisiológica da ingestão.

3.9 Comportamento ingestivo de bovinos confinados

Os bovinos confinados consomem grandes quantidades de alimento e tem rápido ganho de peso, gerando quantidades consideráveis de carga de calor (SULLIVAN; MADER, 2018). Esta situação torna-se mais preocupante durante o verão pois o calor ambiental somado ao metabólico se acumula, dificultando sua dissipação. Segundo estes autores, a combinação de dois ou mais fatores como temperaturas ambiente máximas ou mínimas altas continuamente, chuva, umidade relativa alta e contínua, ausência de nuvens combinada a alto nível de radiação solar, movimentação do ar baixa ou ausente por período prolongado (4 dias ou mais) e mudanças climáticas repentinas são suficientes para causar a mortalidade de bovinos confinados. Os sinais aparentes citados pelos autores para estas situações são: animais com boca aberta e ofegantes, salivação excessiva, incapacidade de locomoção, colapso, convulsões ou coma e falhas psicológicas.

Além dos limites fisiológicos do metabolismo animal, fatores ligados aos alimentos podem regular o consumo, como o teor de matéria seca e de fibra de detergente neutro (FDN) (JONER et al., 2019). Estes autores, ao avaliarem 36 novilhos mestiços Nelore x Charolês (média de idade 20 meses e 226 kg de massa corporal média), alimentados com dieta a base de

50% silagem de sorgo e 50% concentrado comercial (dividido em 3 tipos de dieta: grão de soja, grão de aveia branca e misturas de soja e aveia). Apesar de não encontrarem diferenças no consumo de matéria seca entre os três tipos de dieta, o comportamento alimentar diferiu em alguns aspectos: o grupo que consumiu o concentrado misto gastou mais tempo se alimentando, efetuou o maior número de refeições, gastaram menos tempo mastigando o alimento, tiveram menor número de mastigadas por bolo e mastigadas diárias. A dieta mista apresentou menor teor de FDN, porém, maior teor de lignina, no entanto, foi a dieta mais eficiente em ruminação de MS e FDN.

Muitas vezes o consumo de alimentos é sub ou superestimado pelos sistemas de predição devido aos inúmeros fatores que influenciam a ingestão de alimentos, sobretudo, pelas diferenças entre os grupos genéticos dos animais (RIBEIRO et al., 2012). Ao avaliar o CMS predito pelos sistemas NRC (2000), CNCPS 5.0 e BR-Corte, em animais Nelore (Puros de Origem e Livro Aberto), Tabapuã e Guzerá, encontraram os valores de consumo de matéria seca de 8,74; 7,51; 9,61 e 8,87 kg.dia⁻¹, respectivamente, e para o consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (%PV) os valores obtidos foram 2,09; 2,01; 2,6 e 2,44, respectivamente. O menor CMS observado foi da raça Nelore (Livro Aberto), entretanto, ao avaliar o CMS com base no peso vivo e tamanho metabólico, os dois grupos genéticos da raça Nelore (Livro Aberto e Puros de Origem) foram iguais. Estes autores concluíram que os diferentes grupos genéticos avaliados apresentaram diferentes CMS e nutrientes, sobretudo quando se leva em consideração o tamanho metabólico dos animais.

Guimarães et al. (2017) objetivaram associar a eficiência e o comportamento alimentar, características de crescimento e carcaça de 137 animais Senepol confinados (108 machos não castrados e 29 fêmeas; idade inicial de 466 ± 96 dias e peso inicial de 426 ± 104 kg). Os animais foram divididos em alta e baixa eficiência alimentar: o primeiro grupo apresentou CMS 10,9 kg.dia⁻¹, ganho médio diário de 1,37 kg.dia⁻¹, ingestão de matéria seca de 2,37% do peso corporal, 51,1 visitas ao cocho.dia⁻¹, 97,1 min.dia⁻¹ visitando o cocho e 0,226 kg.MS ingeridos por visita. O segundo teve o CMS de 12,3 kg.dia⁻¹, ganho médio diário de 1,35 kg.dia⁻¹, ingestão de matéria seca de 2,73% do peso corporal, 54,3 visitas ao cocho.dia⁻¹, 107 min.dia⁻¹ visitando o cocho e 0,250 kg.MS ingeridos por visita. O consumo dos animais eficientes foi 11,3% menor, consumiram 9,36% menos ração por visita ao cocho e tiveram a duração das visitas ao cocho 9,34% menor, enquanto os animais menos eficientes gastaram mais tempo e energia nas atividades alimentares.

Ferreira et al. (2020) determinaram o consumo de matéria seca em touros da raça Senepol, não castrados, confinados, massa corporal inicial média 368 kg e 16 meses de idade

em ambiente tropical. A condução do experimento abrangeu parte das estações verão e outono, com temperatura média de 20,09 °C e umidade do ar 64,43%, com presença de lama leve. O consumo de matéria seca mínimo, médio e máximo foram de 7,48; 10,33 e 12,56 kg.dia⁻¹, respectivamente, e o ganho de massa corporal médio diário foi de 0,860 kg.

Silva et al. (2014) avaliaram a influência de diferentes fontes de carboidratos no comportamento alimentar de 24 novilhos cruzados Charolês x Nelore (médias de 20 meses e 330 kg), recebendo dieta 40% silagem de sorgo e 60% concentrado (milho, casca de soja ou farelo de trigo). Os novilhos alimentados com farelo de trigo passaram menos tempo se alimentando (184 min.dia⁻¹) em comparação as outras fontes (214 min.dia⁻¹), já os animais alimentados com casca de soja tiveram o menor tempo de alimentação (25 min.).

Já Trevizan et al. (2021) avaliaram o crescimento, parâmetros ruminiais, metabólicos e comportamento alimentar de 59 touros Nelore (290 ± 20 dias de idade e 294 ± 8,48 kg de massa corporal), em um teste de eficiência alimentar monitorado pelo sistema *Growsafe* por 70 dias. O CMS médio dos animais foi de 8,93 ± 0,178 kg, os animais foram divididos entre menos eficientes, média eficiência e mais eficientes, este último grupo apresentou melhor desempenho consumindo em média 1,37 kg de MS em comparação aos menos eficientes. Em relação ao comportamento alimentar, os animais mais eficientes gastaram 15% e 31,9% menos tempo no cocho do que animais de média e baixa eficiência, respectivamente. Além disso, os menos eficientes realizaram 9,6 visitas por dia a mais ao cocho (87,2 visitas) do que os mais eficientes (77,6 visitas) para consumir uma quantidade de alimento similar (0,112 kg), gastando mais energia que poderia ser utilizada para conversão em produto de origem animal.

Schwartzkopf-Genswein, Huisma e McAllister (1999) propuseram a validação de dados de frequência de cocho e duração da visita ao cocho gerados pelo sistema *Growsafe* os comparando com um sistema de vigilância. Foram utilizadas 6 novilhas mestiças de corte (481 ± 22 kg de massa corporal) e 6 novilhos mestiços de corte (471 ± 44 kg de massa corporal) durante 52 dias de avaliação. A discrepância entre os registros do sistema *Growsafe* e das imagens de vídeo foi de 6%. Os dados médios de comportamento alimentar foram 58,8 ± 2,4 min.dia⁻¹ gastos com alimentação e 11,1 min.dia⁻¹ em atividades não alimentares, totalizando 84% do tempo no cocho se alimentando. O número de visitas médio foi de 29 ± 11,8 visitas.dia⁻¹, destas, 55,8% ocorreu alimentação comparados com 44,2% de visitas não alimentares. Por fim, concluíram que o sistema *Growsafe* é uma ferramenta importante para registrar os padrões de alimentação do gado.

A melhor compreensão dos elementos meteorológicos e seu comportamento dinâmico ao longo do tempo pode contribuir para produzir tecnologias e conhecimento a fim de

desenvolver a pecuária de forma mais sustentável, eficiente e rentável a todos os elos do setor. Logo, investigar a interação dos fatores estressores do ambiente com o animal é primordial, levando em consideração as diversas possibilidades de eventos que podem causar redução no desempenho, e, conseqüentemente, prejuízos econômicos. A magnitude destes impactos oriundos de um ambiente com condições desfavoráveis aos animais pode variar, devido a diferenças nas condições climáticas de diversas regiões e fatores ligados à raça, categoria animal, manejo e recursos empregados para minimizar os efeitos negativos dos agentes estressores. Isto posto, para melhorar a performance produtiva dos animais da raça Senepol em condições tropicais torna-se necessário investigar o impacto do ambiente térmico sobre a ingestão de matéria seca, tempo e número de visitas ao cocho, que possam auxiliar nas tomadas de decisão relacionadas ao manejo e estratégias nutricionais.

REFERÊNCIAS

- ALFONZO, E. P. M. *et al.* Relationship between physical attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 2, p. 245-253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1021-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00484-015-1021-y.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ALBERTINI, T. Z. *et al.* Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte. *In*: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Embrapa Gado de Corte (INFOTECA-E): Brasília, 2015. p. 65-76. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L. **Nutrição animal: bases e fundamentos**. 1. ed. São Paulo: NBL Editora, 1994.
- Associação Brasileira dos Criadores de Bovino Senepol – ABCBS. **Cresce o número de associados da ABCB Senepol e animais registrados**. Uberlândia, MG, 2019. ABCBS. Disponível em: <https://senepol.org.br/cresce-o-numero-de-associados-da-abcb-senepol-e-animais-registrados/>. Acesso em 08 fev. 2021.
- Associação Brasileira dos Criadores de Bovino Senepol – ABCBS. **Em alta no mercado, Senepol é reconhecido na produção de carne**. Uberlândia, MG, 2021. ABCBS. Disponível em: <https://senepol.org.br/em-alta-no-mercado-senepol-e-reconhecido-na-producao-de-carne/>. Acesso em 02 set. 2021.
- AUGENSTEIN, S. M. *et al.* Heat stress alleviation and dynamic temperature measurement for growing beef cattle. **Translational Animal Science**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 178-181, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txaa144>. Disponível em: https://academic.oup.com/tas/article/4/Supplement_1/S178/6043906?login=true. Acesso em 24 mar. 2021.
- AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Regulação e predição de consumo de matéria seca. *In*: VALADARES FILHO, S. C. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-BR-Corte**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2016, p. 15-44, 2016. Disponível em: <http://www.brcorte.com.br/bundles/junglebrcorte2/book2016/br/c2.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2020.
- BAUMGARD, L. H.; RHOADS JUNIOR, R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 311-337, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-animal-031412-103644>. Acesso em: 17 maio 2020.
- BERMAN, A. An overview of heat stress relief with global warming in perspective. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 63, n. 4, p. 493-498. 2019. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00484-019-01680-7>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-019-01680-7>. Acesso em: 18 maio 2020.

BERMAN, A. *et al.* A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 10, p. 1453-1462, 2016. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26817655>. Acesso em: 4 maio 2019.

BERNABUCCI, U. *et al.* Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010. DOI:
<https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175173111000090X>. Acesso em 20 jan. 2021.

BRITO, A. A. *et al.* Occurrence of heat waves and the prediction of feed intake of sows raised in a tropical environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, n. 1, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37496/rbz4920190038>. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982020000100601&script=sci_arttext. Acesso em 17 mar. 2021.

BROSH, A. *et al.* Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 10, p. 2671-2677, 1998. DOI:
<https://doi.org/10.2527/1998.76102671x>. Disponível em:
<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/76/10/2671/4625140?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 19 set. 2019.

BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982018000100205&script=sci_arttext. Acesso em: 13 mar. 2020.

BROWN-BRANDL, T. M. *et al.* Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 149-157, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(02\)00052-9](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(02)00052-9). Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456502000529?casa_token=smhbpbba8IUAAAAA:ufFvmC5OrBXn1Icm7uUoctV-EJE7mLly1_muF9iA0jSQ-XOlt4Jctw9ITGSyTH4MdNtAUscQaxbe. Acesso em: 22 jun. 2021.

BUFFINGTON, A. D. E. *et al.* Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-0714, 1981. DOI:
<https://doi.org/10.13031/2013.34325>. Disponível em:
<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=34325&CID=t1981&v=24&i=3&T=1>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. *et al.* Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. 2, p. 321-335, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731118001489>. Disponível em:
<https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/review-biological-determinants-of->

betweenanimal-variation-in-feed-efficiency-of-growing-beef-cattle/E14DE2A245113A54D1AD774C801D2427. Acesso em: 01 dez. 2020.

CEBALLOS, M. C. *et al.* Impact of good practices of handling training on beef cattle welfare and stockpeople attitudes and behaviors. **Livestock Science**, Suwon, v. 216, p. 24-31, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.019>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187114131830194X?casa_token=IAc0CtR9QEYAAAAA:uBhE2S_EtWUX0_k98-6rf0TC_Fn9wMdOfk6UOA52HO-gtewWBoKPXucGkfEfSZxXGDwAHXO6aRB9. Acesso em 29 jun. 2021.

COLLIER, R. J *et al.* Heat stress: physiology of acclimation and Adaptation. **Animal Frontiers**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 12-19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>. Disponível em: <https://academic.oup.com/af/article/9/1/12/5146549>. Acesso em: 30 jul. 2020.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K.G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Biosciences**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 513-532, 2015. DOI: 10.1146 / annurev-animal-022114-110659. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-animal-022114-110659>. Acesso em: 30 jul. 2020.

COLLIER, R. J.; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-year review: Stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 12, p. 10367-10380, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13676>. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)31033-0/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)31033-0/fulltext). Acesso em: 8 maio 2020.

COOKE, R. F. *et al.* Cattle adapted to tropical and subtropical environments: social, nutritional, and carcass quality considerations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 98, n. 2, p. 1-76, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa014>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/2/skaa014/5709615?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 21 maio 2020.

COSTA, F. P.; PEREIRA, M. A. Ferramentas de gestão para a pecuária de corte. In: ROSA, A. N. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: programa Geneplus - Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013, p. 87-95. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/980497/1/MelhoramentoGeneticoCapitulo8.pdf>. Acesso em 17 fev. 2021.

CURTIS, A. K. *et al.* Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 63, p. 104-111, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.11.015>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456516302625?casa_token=BxAKiWVadNEAAAAA:q5Y4tI7BMqgmIC6wtYTIXDBVPUMPqtCQmqiSGvA4TTCU_mdE2d9XN3yiBtdUYNskrqhpw21P5dY. Acesso em 30 nov. 2020.

DAHL, G. E.; TAO, S.; LAPORTA, J. Heat stress impacts immune status in cows across the life cycle. **Frontiers in Veterinary Science**, [s. l.], v. 7, p. 1-15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00116>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00116/full>. Acesso em: 29 jul. 2020.

EIGENBERG, R. A. *et al.* Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 2: Predictive relationships. **Biosystems Engineering**, London, v. 91, n. 1, p. 111-118, 2005. Doi: 10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511005000139?casa_token=mKjw6AM8Sd4AAAAA:6leMKXijUI9HP5BcOiz9YHoipyNS8K5aUjCWwulwR7v2S5fGvQcnRqwfiscUMuMZZPdnYy4CC4s. Acesso em 12 set. 2020.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 1. ed. Westport: Avi Publ. Co., 1969.

FERNANDES, A. C. **Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos**. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-18092006-121255/en.php>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FERREIRA, A. M. S. *et al.* Consumption of dry matter observed and predicted by the nutritional systems in Senepol bulls kept in confinement. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 36, n. 6, p. 2165-2171, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v36n6a2020-48025>. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/48025/30426>. Acesso em 09 fev. 2021.

FISHER, D. S. A Review of a Few Key Factors Regulating Voluntary Feed Intake in Ruminants. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 5, p. 1651-1655, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1651>. Disponível em: https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2002.1651?casa_token=sWJUoJRpgNMAAAAA%3AeQE9nkqbn-lnelnbG2fQ8-8pL3SR2XF5jSlzVDYaj1gwQFsKkbv5um6ztxLPvmu8XDwXyKBJFY8O4w. Acesso em: 05 jan. 2021.

FLORI, L. *et al.* A quasi-exclusive european ancestry in the Senepol tropical cattle breed highlights the importance of the *SLICK* locus in tropical adaptation. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 5, p. 1-10, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0036133. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3366548/>. Acesso em: 14 maio 2020.

FORBES, T. D. A.; ROUQUETTE JR, F. M.; HOLLOWAY, J. W. Comparisons among Tuli-, Brahman-, and Angus-Sired heifers: intake, digesta kinetics, and grazing behavior. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n. 1, p. 220-227, 1998. DOI: <https://doi.org/10.2527/1998.761220x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/76/1/220/4625185>. Acesso em 04 jan. 2021.

GAUGHAN, J. B. *et al.* A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p. 226-234, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/86/1/226/4788909?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 24 set. 2019.

GINANE, C. *et al.* Feeding behaviour in ruminants: a consequence of interactions between a reward system and the regulation of metabolic homeostasis. **Animal Production Science**,

Melbourne, v. 55, n. 3, p. 247-260, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN14481>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/an/an14481>. Acesso em 28 dez. 2020.

GRIGNARD, L. *et al.* Do beef cattle react consistently to different handling situations? **Applied animal behaviour science**, Amsterdam, v. 71, n. 4, p. 263-276, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00187-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00187-8). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159100001878?casa_token=o-MSqvXA2csAAAAA:bJp11DP4F08gIKN__7WDG5B6Pg3x0uAjNsXAwYeD_057HCq1AfQJ-obbqx62BBsxKkOxRNDKxfUP. Acesso em 29 jun. 2021.

GUIMARÃES, A. L. *et al.* Phenotypic association between feed efficiency and feeding behavior, growth and carcass traits in Senepol cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 46, n. 1, p. 47-55, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000100008>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982017000100047&script=sci_arttext. Acesso em: 29 jul. 2020.

HAHN, G. L. Environmental management for improved livestock performance, health and well-being. **Japanese journal of livestock management**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 113-127, 1995. DOI: https://doi.org/10.20652/kachikukanri.30.3_113. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/kachikukanri/30/3/30_KJ00001057047/_article/-char/ja/. Acesso em: 4 fev. 2020.

HAMMOND, A. C. *et al.* Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 2, p. 295-303, 1996. DOI: <https://doi.org/10.2527/1996.742295x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8690664/>. Acesso em: 14 maio 2020.

HARPER, K. J.; MCNEILL, D. M. The role iNDF in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems (the role of iNDF in the regulation of forage intake). **Agriculture**, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 778-790, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture5030778>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/5/3/778/htm>. Acesso em: 27 jun. 2021.

HENRY, B. K.; ECKARD, R. J.; BEAUCHEMIN, K. A. Review: Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. **Animal**, Cambridge, V. 12, n.2, p. 445-456, 2018. DOI: [doi:10.1017/S1751731118001301](https://doi.org/10.1017/S1751731118001301). Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/review-adaptation-of-ruminant-livestock-production-systems-to-climate-changes/CF8B075D4B8D54DDFE0E60A3CBE4A53C#article>. Acesso em 14 jan. 2020.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 14, p. 64-71, 2009. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1345>. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/87/suppl_14/E64/4731167?redirectedFrom=fulltext. Acesso em: 20 abr. 2020.

HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. Relações térmicas. In: HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. **Fisiologia Animal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 207-213.

HIMMS-HAGEN, J. Cellular thermogenesis. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, v. 38, n.1, p. 315-351. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.38.030176.001531>. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ph.38.030176.001531?casa_token=0YGRGaX35AAAAAA:2CgVhzswyVmY_r_nLcm5f99fXJZUs6x2zk2MKokJJiWarkHFIDBo-UEtuCSvPSfyWgCpy5NOd0mnrVPJsw. Acesso em 22 jul. 2020.

HUISMA, C. **Animal identification, measurement, monitoring and management system**. Depositante: *Growsafe Systems Ltd*. U.S. Patent n. US 8,930,148 B2. Depósito: 5 out. 2011. Concessão: 6 jan. 2015. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/dc/3d/b6/17eb5f24a79292/US8930148.pdf>. Acesso em 19 ago. 2020.

HUPP, H. D. **History and development of Senepol cattle**. 2. ed. Saint Croix, Agricultural Experiment Station - College of the Virgin Islands, 1978.

JOHNSON, J.S. Heat stress: impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 58, n. 8, p. 1404-1413, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN17725>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/AN/AN17725>. Acesso em: 09 dez. 2020.

JONER, G. *et al.* Soybean hulls and/or white oat grains on the ingestive behavior of confined steers. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 5, p. 1925-1936, 2019. DOI: DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n5p1925. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/31839/25649>. Acesso em 30 jun. 2021.

KETELAARS, J. J. M. H.; TOLKAMP, B. J. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 1. Causes of differences in voluntary feed intake: critique of current views. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 30, n. 4, p. 269-296, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(92\)90039-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(92)90039-7). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301622692900397?casa_token=_QsYSxJNHxUAAAAA:gi_4Yw3fRuKsawKLTaV2DApGXKE_lqT7eIewbN8FkwTZr_NCXoio0id6piWnk1zB8y53TDThdw. Acesso em: 05 jan. 2021.

LACETERA, N. Impact of climate change on animal health and welfare. **Animal Frontiers**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 26-31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>. Disponível em: <https://academic.oup.com/af/article/9/1/26/5168813>. Acesso em: 12 dez. 2019.

LEES, A. M. The impact of heat load on cattle. **Animals**, Basel, v. 9, n. 6, p. 322, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9060322>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/6/322/htm>. Acesso em 30 jun. 2021.

LOOR, J.J.; ELOLIMY, A. A.; MCCANN, J. C. Dietary impacts on rumen microbiota in beef and dairy production. **Animal Frontiers**, Oxford, v. 6, n. 3, p. 22-29, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2527/af.2016-0030>. Disponível em: <https://academic.oup.com/af/article/6/3/22/4638742?login=true>. Acesso em: 28 dez. 2020.

MADER, T. L. Environmental stress in confined beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 14, p. 110-119, 2013. DOI:

https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E110x. Disponível em:
https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14_suppl_2/E110/4789865. Acesso em: 19 abr. 2020.

MADER, T. L.; JOHNSON, L. J.; GAUGHAN, J. B. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 6, p. 2153-2165, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2586>. Disponível em:
<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/88/6/2153/4779866?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 21 maio 2020.

MARIASEGARAM, M. *et al.* The SLICK hair coat locus maps to chromosome 20 in Senepol-derived cattle. **Animal Genetics**, Oxford, v. 38, n. 1, p. 54-59, 2007. DOI: [doi:10.1111/j.1365-2052.2007.01560.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2007.01560.x). Disponível em:
<https://naldc.nal.usda.gov/download/10614/PDF>. Acesso em: 10 jun. 2020.

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**, Lisse, v. 60, n. 1, p. 173-181, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1015-9>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-015-1015-9>. Acesso em: 17 maio 2020.

MARZOCCHI, M. Z. *et al.* Evaluation of test duration for feed efficiency in growing beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 52, n. 4 p. 1533-1539, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02161-0>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-019-02161-0>. Acesso em: 18 mai. 2020.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G. C. *et al.* **Forage quality, evaluation, and utilization**. Ed., American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, 1994. p. 450– 493.

MERTENS, D. R.; GRANT, R. J. Digestibility and intake. In: MOORE, K. J. *et al.* **Forages: the science of grassland agriculture**. Croydon: Wiley Blackwell, 2020. p. 609-631.

MIRANDA, J. E. C; FREITAS, A. F. **Raças e tipos de cruzamentos para a produção de leite**. Circular técnica n. 98, Embrapa Gado de Leite (INFOTECA-E), 2009. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65294/1/CT-98-Racas-e-tipos-de-cruzamentos.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.

MORAN, D. S. *et al.* Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 43-49, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(02\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(02)00035-9). Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456502000359?casa_token=c48abR07EMAAAAA:LD5JZOuyw3PLIHEyqPcMoJXjEau_S9iQa5YK-NpR30H85qVJAFvE9kTkz1luXtJx5fJvZg2iR13M. Acesso em: 21 maio 2020.

NÄÄS, I. A. *et al.* Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 1-8, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000100001>. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000100001. Acesso em: 16 maio 2020.

NORRIS, A. L.; KUNZ, T. H. Effects of solar radiation on animal thermoregulation. *In*: BABATUNDE, E. B. **Solar radiation**. Rijeka: Intech, 2012. p. 195-220.

NOVAIS, G. T.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 23, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58520>. Acesso em: 12 dez. 2019.

NOVO, L. C. et al. Genetic parameters for performance, feed efficiency, and carcass traits in Senepol heifers. **Animal**, Cambridge, v. 15, n. 3, p. 100160, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100160>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120301622>. Acesso em 05 set. 2021.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle. Washington: Eighth Revised Edition, 2016. 494 p.

O'BRIEN, M. D. *et al.* Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. **Domestic animal endocrinology**, Stoneham, v. 38, n. 2, p. 86-94, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2009.08.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739724009000988?via%3Dihub>. Acesso em: 18 abr. 2020.

OLSON, T. A. *et al.* Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 1, p. 80-90, 2003. DOI: <https://doi.org/10.2527/2003.81180x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/1/80/4789757>. Acesso em: 6 jun. 2020.

OSBORNE, P. L. The tropical environment and climate. *In*: OSBORNE, P. L. **Tropical ecosystems and ecological concepts**. 2. ed. Saint Louis: Cambridge University Press, 2012. p. 1-25.

PARISH, J. A. *et al.* Weather influences daily feed intake in developing beef bulls in spring and summer. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 95, n. 1, p. 47. DOI: <https://doi.org/10.2527/ssasas2017.095>. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/95/suppl_1/47/4699763?redirectedFrom=fulltext. Acesso em: 27 jun. 2021.

RASHAMOL, V. P. *et al.* Prediction models, assessment methodologies and biotechnological tools to quantify heat stress response in ruminant livestock. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 63, p. 1265-1281, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01735-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-019-01735-9>. Acesso em: 14 maio 2020.

RATNAKARAN, A. P. *et al.* Behavioral Responses to Livestock Adaptation to Heat Stress Challenges. **Asian Journal of Animal Sciences**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 1-13, 2017. DOI: 10.3923/ajas.2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Veerasingh_Sejian/publication/313108196_Behavioral_Responses_to_Livestock_Adaptation_to_Heat_Stress_Challenges/links/58907e18a6fdcc2351

c09333/Behavioral-Responses-to-Livestock-Adaptation-to-Heat-Stress-Challenges.pdf.
Acesso em: 30 jul. 2020.

RENAUDEAU, D. *et al.* Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Cambridge, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731111002448>. Acesso em: 20 jun. 2021.

RIBEIRO, J. S. Consumo alimentar e sua predição pelos sistemas NRC, CNCPS e BRCorte, para tourinhos zebuínos confinados. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 802-810, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000400023>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902012000400023. Acesso em: 23 mar. 2020.

ROBINSON, N. E. Termorregulação. *In*: BRADLEY, G. K. **Tratado de fisiologia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 648-658.

SAILO, L.; DAS, R. Heat Stress in Livestock: Impacts and Ameliorative Strategies—a Review. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 174-183, 2016. DOI: <https://doi.org/10.23910/IJBSM/2016.7.1.1355>. Disponível em: <http://pphouse.org/ijbsm-article-details.php?article=672>. Acesso em 30 nov. 2020.

Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare – SCAHAW. The Welfare of Cattle Kept for Beef Production. **European Commission, Bruxelas**, 2001. Disponível em: <https://orgprints.org/id/eprint/742/1/eu-2001-cattle-welfare.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; ATWOOD, S.; MCALLISTER, T. A. Relationships between bunk attendance, intake and performance of steers and heifers on varying feeding regimes. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 76, p. 179-188, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00009-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159102000096?via%3Dihub>. Acesso em: 14 abr. 2020.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; HUISMA, C.; MCALLISTER, T. A. Validation of a radio frequency identification system for monitoring the feeding patterns of feedlot cattle. **Livestock Production Science**, Suwon, v. 60, n. 1, p. 27-31, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00047-0). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622699000470?casa_token=TLkegJaTqtYAAAAA:lw_0eR9Or81_-x0M3jxLclo9Fhm6b4fZfGEMZgZ5j-_sShzr4e4uPfxEQWQJ1oODgDHXUBzH-w9A. Acesso em 30 jun. 2021.

SEJIAN, V. *et al.* Review: adaptation of animals to heat stress. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. 2, p. 431-444, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/review-adaptation-of-animals-to-heat-stress/B4C14198D392C6548D162B540A524093>. Acesso em: 19 nov. 2020.

SENFTE, R. L.; RITTENHOUSE, L. R. A model of thermal acclimation in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, n. 2, p. 297-306, 1985. DOI:

<https://doi.org/10.2527/jas1985.612297x>. Disponível em:
<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/61/2/297/4665718>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, E. V. C. *et al.* Ambiência e comportamento no manejo reprodutivo. *In*: ROSA, A. N. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: programa Geneplus -Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 27-38.

SILVA, J. *et al.* Feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics of Nellore cattle submitted to different feeding frequencies. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 75, n. 2, p. 121-128, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0335>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/sa/a/XpDLBzWrvrCzsjdm3QMM3sC/?lang=en>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, J. F. C. Mecanismos reguladores do consumo. *In*: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Prol, 2011. p. 61-82.

SILVA, P. P. *et al.* Evaluation of adaptation of Senepol cattle in climatic conditions of the cerrado of Goiás State. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 26, p. 1-11, 2017. Disponível em:
<http://www.revistaespacios.com/a17v38n26/a17v38n26p06.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorology**. 1. ed. Dordrecht: Springer, 2013.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 2000.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M. Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 59, n. 5, p. 551-559, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0868-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-014-0868-7>. Acesso em: 14 ago. 2020.

SILVA, V. S. *et al.* Sources of carbohydrates in the ingestive behavior of feedlot steers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 43, p. 273-277, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4820180219>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/XX54Yqr3yfSTVBjfxWH8rsq/?lang=en&format=html>. Acesso em 29 jun. 2021.

SOUSA, R. V. *et al.* Development and evaluation of a fuzzy logic classifier for assessing beef cattle thermal stress using weather and physiological variables. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 127, n. 1, p. 176-183, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.06.014>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169916303933>. Acesso em 06 jan. 2021.

SOUSA, R. V. *et al.* Predictive model based on artificial neural network for assessing beef cattle thermal stress using weather and physiological variables. **Computers and electronics in agriculture**, Amsterdam, v. 144, p. 37-43, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.11.033>. Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917310086?casa_token=UzNbAl

DXn6IAAAAA:TA0Eu_Y0frqOCXFLRChwxbg7-diU_FdLjfiTAdveLsr_EqG5Aii3Gnfmk9WWGieAtJQnz1FQ5Rs. Acesso em 12 set. 2020.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 52-77, 2003. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203740405>. Acesso em: 22 jun. 2021.

SULLIVAN, K. F.; MADER, T. L. Managing Heat Stress Episodes in Confined Cattle. **Food Animal Practice**, Filadélfia, v. 34, n. 2, p. 325-339, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.05.001>. Disponível em: [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072018300161?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072018300161?via%3Dihub). Acesso em 30 jun. 2021.

SUMMER, A. *et al.* Impact of heat stress on milk and meat production. **Animal Frontiers**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 39-46, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy026>. Disponível em: <https://academic.oup.com/af/article/9/1/39/5145101>. Acesso em 26 nov. 2020.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, v. 12, p. 57-59, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960>. Acesso em: 12 ago. 18.

THRIFT, F. A. *et al.* Prewaning, postweaning, and carcass trait comparisons for progeny sired by subtropically adapted beef sire breeds at various US locations. **The Professional Animal Scientist**, [s.l.], v. 26, n. 5, p. 451-473, 2010. DOI: [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30633-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30633-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1080744615306331>. Acesso em 5 set. 2021.

THRIFT, F. A.; FRANKE, D. E.; AARON, D. K. Prewaning a breed-of-sire comparisons involving the Senepol breed of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 5, p. 1247-1254, 1986. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1986.6251247x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/62/5/1247/4658672>. Acesso em: 12 maio 2020.

TREVIZAN, N. *et al.* Growth, ruminal and metabolic parameters and feeding behavior of Nellore cattle with different residual feed intake phenotypes. **Livestock Science**, Suwon, v. 244, p. 104393-104398, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104393>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141321000019?casa_token=kCIj2Kw4dWIAAAAA:wsopOoDJzgLlomiyrqQr5dOfViX3r-zxoZQJaQ7rcR0LDIPzYrEDG80Y1b5bYejEyWEXleXa7i5. Acesso em 26 jun. 2021.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. London: Constock, 1994.

WATSON, A. K. *et al.* Impactos de um procedimento de alimentação com limite na variação e precisão dos pesos dos bovinos. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 11, p. 5507-5517, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6349>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/91/11/5507/4731505>. Acesso em: 29 jun. 2021.

ZHANG, M. *et al.* Impacts of heat stress on meat quality and strategies for amelioration: a review. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 65, p. 1-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01929-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-020-01929-6>. Acesso em: 17 maio 2020.

**CAPÍTULO 2 – O AMBIENTE TÉRMICO INFLUENCIA O CONSUMO E O
COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE TOUROS SENEPOL CONFINADOS EM
AMBIENTE TROPICAL**

(redigido de acordo com as normas da revista livestock science)

**O ambiente térmico influencia o consumo e o comportamento alimentar de touros
Senepol confinados em ambiente tropical**

Gustavo Pereira Viana, Mariana Cristina de Oliveira Sousa, Ednaldo Carvalho Guimarães,
Carina Ubirajara Faria, Egleu Diomendes Marinho Mendes, Simone Pedro da Silva, Mara
Regina Bueno de Mattos Nascimento.

Resumo

O efeito do ambiente térmico sobre o consumo e comportamento alimentar de touros da raça Senepol criados confinados em região intertropical foram avaliados. Foram utilizadas informações de 31 touros da raça Senepol ($409,94 \pm 48,73$ kg e $14,5 \pm 0,76$ meses de idade). Os touros foram confinados durante 91 dias (21 dias de adaptação) em piquete monitorado pelo *GrowSafe System*[®]. A alimentação estava disponível *ad libitum* com dieta na proporção 60:40 a base de silagem de milho e concentrado comercial. O delineamento foi inteiramente

casualizado. Foram avaliados o consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca em relação ao peso corporal (CMS%PC), número total de visitas ao cocho (NTVC), número de visitas com consumo (NVCC), tempo de cocho (TC), frequência relativa de cocho (NVCT/NVCC), índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Carga Térmica (ICT) foram determinados. Utilizou-se 4 classes de ITU: termoneutro ($ITU \leq 74$); alerta ($74 < ITU \leq 79$); perigo ($79 < ITU \leq 84$) e emergência ($ITU > 84$) e para o ICT: conforto ($ICT \leq 91$) e estresse ($ICT > 91$). Os dados foram avaliados por ANOVA e as médias comparadas teste de Tukey a $p < 0,05$. No ambiente termoneutro as médias de CMS, CMS%PC, NTVC, NVCC e TC foram maiores que no ambiente alerta, perigo e emergência. O ICT não influenciou nenhuma variável. Os touros Senepol confinados no verão em ambiente tropical reduziram o consumo e os padrões de comportamento alimentar sob valores de ITU superiores a 74. Desse modo, estratégias para proporcionar o conforto térmico, por exemplo, sombra natural ou artificial, ou outras medidas, devem ser consideradas no confinamento de bovinos Senepol criados na região intertropical.

KEY-WORDS: *Bos taurus*; estresse por calor; gado de corte; ingestão de alimento.

1. Introdução

As alterações climáticas podem ser limitantes à pecuária uma vez que modificações combinadas na temperatura, precipitação, frequência e magnitude de eventos climáticos poderão afetar a termorregulação dos bovinos (Lacetera 2019). Neste cenário, especialmente nas regiões tropicais o estresse térmico pode impactar negativamente o desempenho, pois a temperatura ambiente pode exceder a temperatura crítica superior e ser um ambiente

desconfortável aos bovinos (Beede e Collier, 1986), principalmente os criados em áreas quentes, confinados, sem sombreamento.

Sob estresse por calor, os ajustes comportamentais, fisiológicos e metabólicos podem ocorrer no intuito de reduzir a tensão exercida sobre o animal e aumentar suas chances de sobrevivência (Bernabucci et al. 2010). Adicionalmente, os bovinos podem exibir redução na ruminação, aumento do tempo em pé, aglomeração em bebedouros e redução no consumo de matéria seca os quais são comportamentos indesejáveis para a produtividade (Sullivan e Mader, 2018), este último é considerado um mecanismo adaptativo para diminuir a produção de calor metabólico (Salles et al. 2008; Gaughan et al. 2019). Assim, o aumento da temperatura do ar é um fator importante que influencia a produção de carne bovina (Sejian et al. 2018) que pode reduzir o ganho de peso do animal e, conseqüentemente, o peso de abate.

Neste contexto, seria desejável considerar estresse por calor em modelos matemáticos que avaliam a ingestão de alimentos nos bovinos (Curtis et al. 2017), pois pode promover diferenças entre o consumo predito e o consumo observado nos animais. As perdas provenientes do estresse por calor são significativas em bovinos de corte em terminação, foram estimadas em U\$12,07 ao dia, equivalente a 1,5% da renda bruta por animal como estimado por St-Pierre, Cobanov e Schmitkey (2003). Nesse sentido, o efeito do ambiente térmico sobre a ingestão de alimentos, especialmente em bovinos Senepol criados na região intertropical, é um tema que precisa ser melhor compreendido.

Os bovinos originários de regiões quentes apresentam vantagens adaptativas em relação ao estresse pelo calor quando comparados aos de regiões temperadas (Carabaño et al. 2019). Nesse cenário, a raça Senepol que foi criada nas Ilhas Virgens, Caribe, possivelmente oriunda de cruzamentos entre as raças Red Poll (europeia) e N'Dama (africana) é considerada adaptada a ambientes quentes, entretanto, uma análise genômica mostrou maior proporção de origem europeia (89%), apenas 10,4% zebuína e 0,6% africana (Flori et al. 2012). Assim, sua

adaptabilidade à temperatura ambiente elevada precisa ser melhor compreendida especialmente em relação ao comportamento alimentar. Então, investigar os efeitos do ambiente térmico sobre o consumo alimentar e verificar seu desempenho pode contribuir para melhor compreender a sua adaptabilidade a ambientes quentes. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Carga Térmica (ICT) sobre o consumo de matéria seca, número total de visitas ao cocho e número de visitas com consumo e tempo de cocho em touros da raça Senepol, confinados em piquetes, no verão, em ambiente tropical.

2. Material e métodos

O Comitê de Ética na Utilização de Animais aprovou o uso das informações obtidas do banco de dados pré-existente, sob análise final de nº A011/21 (Anexo A).

2.1. Banco de dados, adaptação, local e descrição do confinamento

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de 03/12/2019 a 03/03/2020, período de verão brasileiro, sendo os primeiros 21 dias destinados a adaptação dos animais ao local, cochos eletrônicos, dieta e estabelecimento de hierarquia entre os animais. Este banco de dados inicialmente com 165.040 observações de consumo alimentar e depois de realizar categorização por classes de ITU e ICT que totalizaram 3.448 observações do ambiente. O confinamento está localizado na Fazenda Experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais (18° 53' 23" S, 48° 17' 19" O, altitude de 865 metros). Esta região está situada no clima zonal quente, domínio tropical, no subdomínio semiseco (seis meses secos - abril a setembro e período chuvoso de novembro a março), a temperatura média do mês mais frio entre 18 a 20 °C e precipitação pluviométrica anual de 1350 a 1600 mm (Novais et al. 2018).

A área do confinamento era de $48 \text{ m}^2 \cdot \text{animal}^{-1}$ e um bebedouro central de 2.600 litros. Este continha 8 cochos eletrônicos, cobertos com telha de fibrocimento sobre uma área concretada. Os cochos eletrônicos eram monitorados pelo sistema *GrowSafe* (GrowSfe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá) que foi desenvolvido para medir a ingestão de alimentos, individualmente, a cada segundo, por balanças automatizadas. Cada cocho continha tinha a capacidade de suportar 8 animais adultos, haviam barreiras de metal que permitiam o acesso de apenas um animal por vez.

Os cochos eletrônicos executam um controle preciso das informações de consumo de matéria natural, individual, sendo que cada bovino possui um brinco eletrônico de identificação. Desta forma, antenas captam sinais de radiofrequência dos brincos a partir do momento em que o animal ingressa no cocho. O monitoramento dos dados de consumo ocorreu ininterruptamente. Os cochos estão apoiados sob uma balança que é sensível ao desaparecimento do alimento (mesmo que em pequenas quantidades) e estas informações são enviadas para um computador, em tempo real, onde são armazenadas em um Software. O início de um evento alimentar foi registrado quando o transponder do animal foi identificado pelo sistema. De 70 dias de experimento foram considerados válidos 49 dias.

2.2. *Animais, prova de eficiência alimentar e dieta*

Os dados corresponderam a informações de 31 touros da raça Senepol, puros de origem, contemporâneos, com idade de $14,5 \pm 0,76$ meses e média de massa corporal de $409,94 \pm 48,73$ kg ao início do experimento. Os animais utilizados eram participantes de uma prova de eficiência alimentar, e, antes de serem confinados estavam sendo mantidos a pasto. Os touros eram do mesmo grupo de contemporâneos e a variação de idade dos animais não excedeu 90 dias.

A dieta foi à base de silagem de milho e concentrado comercial (Taurus 22 AG®), sua proporção foi ajustada gradativamente durante a fase de adaptação, teve proporções de 80% volumoso e 20% concentrado na primeira semana, 70% volumoso e 30% concentrado na segunda semana e 60% volumoso e 40% concentrado no restante da prova de eficiência alimentar e fornecida *ad libitum* (tabela 1).

Tabela 1 – Composição química da dieta durante o período experimental.

Composição química	(g.kg ⁻¹)
Matéria Seca	331,3
Matéria Mineral	48,8
Proteína Bruta	136
Fibra em Detergente Neutro	677,0
Fibra em Detergente Ácido	226,5

Diariamente os ingredientes da dieta foram pesados e misturados por oito minutos e distribuídos nos cochos utilizando vagão forrageiro misturador (*Casale unimix 1200®*). O fornecimento da dieta foi realizado duas vezes ao dia, sendo as mesmas quantidades de alimento ofertadas às 08:30 horas e às 15:00 horas. A quantidade ofertada foi calculada e ajustada para garantir sobra de 10% em relação ao que foi fornecido, não podendo faltar alimento no cocho em nenhum momento. A pesagem das sobras foi realizada pela manhã antes de uma nova distribuição de alimento. Os touros eram pesados diariamente, pela manhã, às 08:00 horas, em balança digital (*beckhauser®*, modelo idBeck 3.0), sem a realização de jejum prévio. Após período de adaptação, a massa corporal média no início (dia 1), meio (dia 35) e fim (dia 70) foram $449,97 \pm 51,19$; $491,3 \pm 52,02$ e $517,13 \pm 55,33$ kg, respectivamente e o ganho médio diário (GMD) dos animais foi de $0,941 \text{ kg.dia}^{-1}$.

As seguintes medidas foram determinadas: ingestão de matéria seca por visita ao cocho, ingestão de matéria seca em relação ao peso corporal, número total de visitas ao cocho, número de visitas ao cocho com ingestão, tempo no cocho por visita e a frequência de cocho relativa. O consumo de matéria seca (CMS) foi calculado multiplicando a quantidade de matéria natural ingerida pela porcentagem de matéria seca da dieta média dos animais. O consumo de matéria seca em relação ao peso corporal (CMS%PC) foi calculado a partir da razão entre o CMS e o peso corporal (PC) multiplicado por 100. A frequência de cocho relativa (FR) pela razão entre o número de visitas total e o número de visitas ao cocho com consumo. O comportamento alimentar foi determinado por classe de ITU e de classe de ICT.

2.4. Variáveis meteorológicas e comportamento alimentar

A temperatura ambiente (T_a), umidade relativa (UR) e temperatura do ponto de orvalho foram mensuradas por um *datalogger* de temperatura e umidade do ar (HOMIS[®], modelo 404^a), este equipamento foi instalado próximo ao piquete, na sombra, em local ventilado e programado para mensurar a cada trinta minutos. Depois calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) utilizando a equação proposta por Berman et al. (2016):

$$ITU = 3,43 + 10,58 \times Tbs - 0,293 \times UR + 0,0164 \times Tbs \times UR + 35,7$$

Onde:

Tbs: temperatura do bulbo seco (°C); UR: umidade relativa (%).

O ITU foi classificado em quatro classes: ITU 1 ≤ 74 (termoneutralidade); ITU 2 = 75 a 79 (alerta); ITU 3 = 80 a 84 (perigo) e ITU 4 ≥ 85 (emergência) (Eigenberg et al. 2005).

Para calcular o ICT foi determinada a temperatura do globo (TG) foi determinada às 08:00 h, 10:00 h, 13:00 h e 16:00 h, por um termômetro de globo (Instrutherm[®], modelo TGD-200), exposto ao sol e posicionado próximo ao piquete, sendo a leitura realizada após vinte minutos de exposição ao sol. Nestes mesmos horários foram realizadas medições de velocidade

do vento (V) por um anemômetro (Instrutherm®, modelo AD-250). Estes dados foram utilizados para calcular o Índice de Carga Térmica (ICT) (Gaughan et al. 2008):

$$ICT_{T_G < 25^\circ C} = 10,66 + (0,28 \times UR) + (1,3 \times T_G) - V;$$

$$ICT_{T_G > 25^\circ C} = 8,62 + (0,38 \times UR) + (1,55 \times T_G) - (0,5 \times V) + [e^{2,4-V}]$$

Onde:

T_G = temperatura do globo negro ($^\circ C$); UR = umidade relativa (%); V = velocidade do vento ($m.s^{-1}$); e = base logaritmo natural.

O ICT foi classificado em duas classes: ICT 1 ≤ 91 e ICT 2 > 91 . Baseado em animais taurinos britânicos, cor do pelame vermelho, saudáveis, sem acesso à sombra, confinados por 91 dias, com presença de lama e temperatura da água entre 21 e 30 $^\circ C$, baseado na tabela 2 do estudo de Gaughan et al. 2008.

Depois calculou CMS, CMS%PC, NTVC, NVCC, TC, velocidade do vento (V), precipitação (p) e relação NTVC/NVCC no período de medições de ICT.

A precipitação, em mm, foi medida diariamente pela manhã com auxílio de um pluviômetro instalado próximo ao curral, ao ar livre.

Os dados de temperatura mínima e máxima em 24 horas foram monitorados por um termômetro instalado próximo ao confinamento, com leituras realizadas diariamente, às 08:00 horas.

2.5. Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As variáveis de CMS, CMS%PC, NTVC, NVCC, TC e NVCT/NVCC em cada uma das classes de ITU (ITU1, ITU2, ITU3 e ITU4) e CMS, CMS%PC, NTVC, NVCC, TC, NVCT/NVCC, vv e p foram

considerados com base nas classes de ICT ($ICT \leq 91$ e $ICT > 91$) foram inicialmente submetidas a uma análise exploratória, com a finalidade de identificar *outliers* no banco de dados. Como critério para a identificação desses valores foi adotado a distância interquartílica de 1,5 vezes, ou seja, as observações que se encontravam abaixo de $Q1 - 1,5(Q3 - Q1)$, ou que estavam acima de $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$ foram considerados *outliers*. Onde: Q1 e Q3 correspondem ao primeiro e terceiro quartil, respectivamente. Valores atípicos acima dos valores estabelecidos foram excluídos do banco de dados antes da realização das análises.

Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) aplicando-se o teste de homocedasticidade de variâncias (Teste de Levene) e teste de normalidade de resíduos (Teste de Shapiro-Wilk). Assim, utilizou ANOVA e o teste de Tukey para comparação das médias utilizando nível de significância de 5% de probabilidade para o erro do tipo I. As análises estatísticas foram realizadas no programa computacional de livre acesso R (R Core Team, 2020).

3. Resultados

3.1. Variáveis meteorológicas

A Tar e o ITU médios foram, respectivamente, de 24,8 °C e 74 e variando de 21,0 a 30,0 °C e 67 a 84, respectivamente (Fig. 1). Das 06:00 h às 12:00 h ocorreu um acréscimo na Tar e no ITU que alcançaram os maiores valores às 12:00 h e 13:00 h, a partir daí houve um decréscimo com menor valor nos horários de 02:00; 03:00; 04:00 e 05:00 h. A UR média foi de 86,04% variando de 96,3% a 71,5%. Das 06:00 h às 13:00 h verificou-se decréscimo na UR, a partir daí houve um acréscimo com média máxima às 04:00 h, portanto, seu comportamento foi inverso ao da Tar e do ITU.

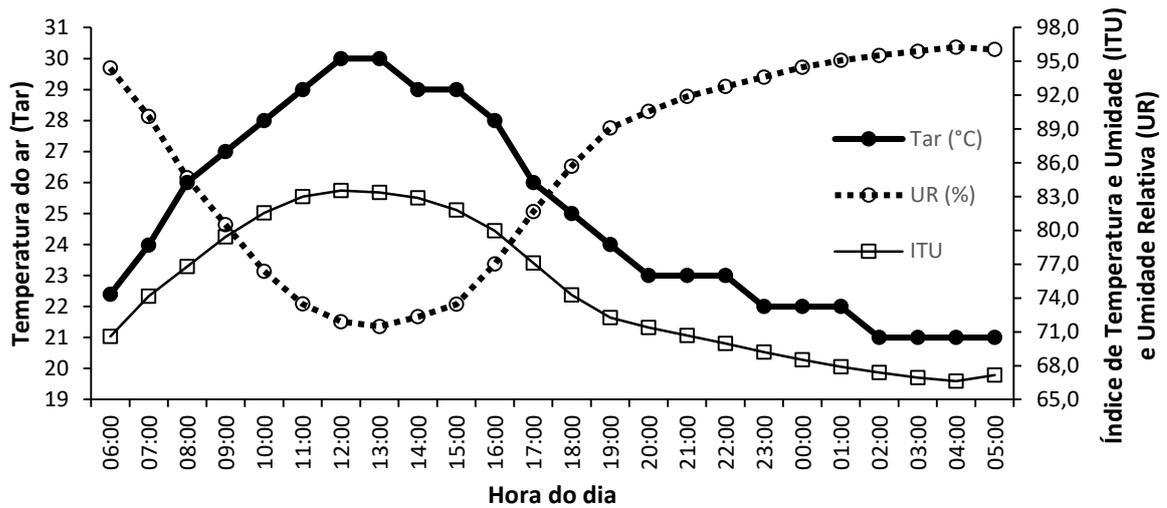


Fig. 1. Temperatura do ar, umidade relativa cada uma hora e índice de temperatura e umidade médios obtidos durante o período experimental e mensurados a cada hora do dia.

De um total de 2348 medições para Tar observou-se 846 valores superiores a 25 °C (36%), 27 °C (24,66%) e 30 °C (11,07%). Para UR verificou-se 2082 registros superiores a 70% (89%), e, para ITU, de 2336 cálculos encontrou-se 877 valores maiores que 75. Dentre 168 cálculos de ICT realizados 112 estiveram acima do limiar de 91, o valor médio foi 94, variando de 62 a 118. O maior valor registrado para a temperatura máxima foi 33 °C, enquanto o menor valor de temperatura mínima foi 17,7 °C (Fig. 2).

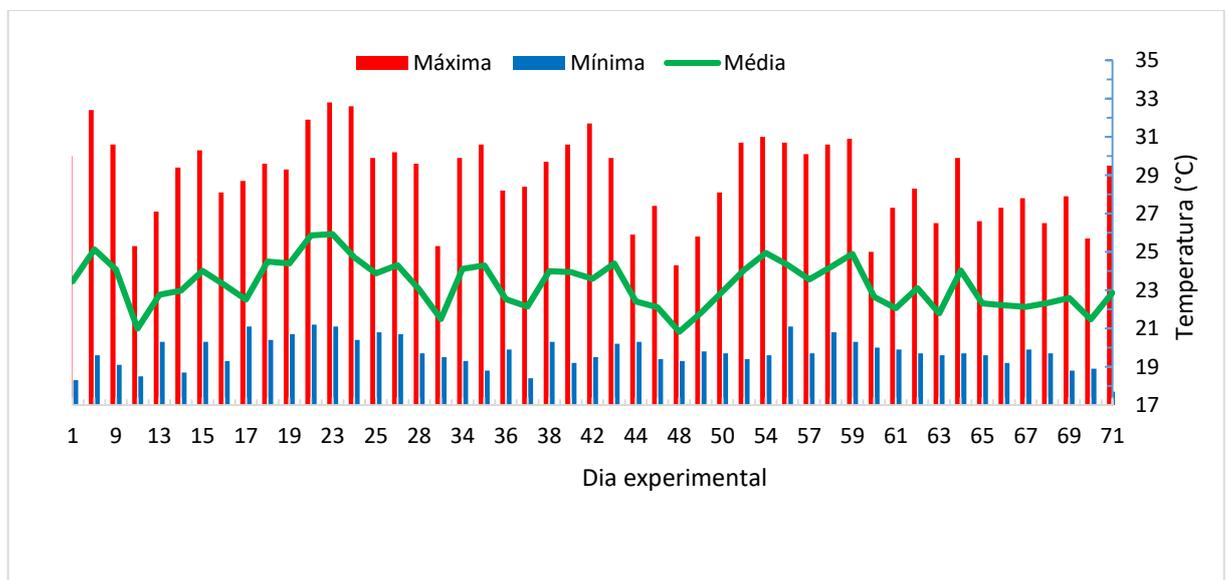


Fig. 2. Temperatura máxima, mínima e média mensurada durante o período experimental

Dos 49 dias válidos de experimento, houve precipitação em 28 dias com variação de 1 a 32 mm, totalizando 365,5 mm. A velocidade do vento não excedeu 7,0 m.s⁻¹.

3.2. *Variáveis de consumo e comportamento alimentar por classe de ITU e ICT*

No ambiente termoneutro o CMS e CMS%PC foi maior que no ambiente perigo e emergência, porém não diferiram do ambiente alerta (Tabela 2). A diferença entre as médias do consumo de matéria seca dos bovinos sob ambiente termoneutro e alerta, perigo e emergência, em g, foram 24,4; 44,5 e 48,0, respectivamente. Para CMS%PC foram de 0,006; 0,009 e 0,009, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) sobre o consumo de matéria seca e comportamento ingestivo de touros Senepol, confinados, no verão, em ambiente tropical.

	Classes de ITU				Pvalor
	1=Termoneutro	2=Alerta	3=Perigo	4=Emergência	
CMS (g)	403,5 ± 75,1 ^a	374,1 ± 67,3 ^{ab}	359,0 ± 82,4 ^b	355,5 ± 92,6 ^b	0,0183
CMS%PC	0,082 ± 0,014 ^a	0,076 ± 0,013 ^{ab}	0,073 ± 0,016 ^b	0,073 ± 0,018 ^b	0,0164
NTVC	449,0 ± 233,5 ^a	237,9 ± 198,6 ^b	202,0 ± 110,4 ^b	305,9 ± 211,5 ^b	0,0001
NVCC	428,2 ± 219,6 ^a	227,6 ± 188,8 ^b	192,0 ± 103,9 ^b	291,1 ± 200,6 ^b	0,0001
TC	196,1 ± 38,5 ^a	160,0 ± 33,8 ^b	153,0 ± 42,9 ^b	162,4 ± 42,1 ^b	0,0001
NVCT/NVCC	0,96 ± 0,02 ^a	0,096 ± 0,02 ^a	0,95 ± 0,05 ^a	0,95 ± 0,04 ^a	0,2969

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca em relação ao peso corporal (CMS%PC), número total de visitas ao cocho (NTVC), número de visitas ao cocho com consumo (NVCC), tempo de cocho (TC) e relação entre número de visitas ao cocho e visitas ao cocho com consumo (NTVC/NVCC).

No ambiente termoneutro a média de NTVC, NVCC e TC dos animais foram maiores em relação as classes alerta, perigo e emergência (Tabela 2). No ambiente termoneutro o NTVC foi 211,1; 247,0 e 143,1 a mais comparado com os ambientes alerta, perigo e emergência, respectivamente. O tempo no cocho dos bovinos foi 18,40%; 21,98% e 17,19% maior no ambiente termoneutro comparado com os ambientes alerta, perigo e emergência, respectivamente. A relação NTVC/NVCC não diferiu entre as classes de ITU.

As médias de CMS, CMS%PC, NVCT, NVCC, TC entre as duas categorias de ICT não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito do Índice de Carga Térmica (ICT) sobre o consumo de matéria seca e comportamento ingestivo de touros Senepol, confinados, em ambiente tropical.

Variável	ICT \leq 91	ICT $>$ 91	Pvalor
CMS	385,9 \pm 131,1a	363,6 \pm 111,5a	0,6676
CMS%PC	0,077 \pm 0,026a	0,075 \pm 0,022a	0,3316
NTVC	150,8 \pm 78,8a	157,7 \pm 83,7a	0,6679
NVCC	142,4 \pm 73,7a	149,9 \pm 79,8a	0,6218
TC	157,1 \pm 64,3a	165,0 \pm 56,3a	0,4429
NVCT/NVCC	0,95 \pm 0,33a	0,95 \pm 0,04a	0,5190
V	0,94 \pm 0,71	0,79 \pm 0,61	0,2357
P	7,57 \pm 1,31	4,82 \pm 0,94	0,1016

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de t ($p > 0,05$).

Consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca em relação ao peso corporal (CMS%PC), número total de visitas ao cocho (NTVC), número de visitas ao cocho com consumo (NVCC), tempo de cocho (TC) e relação entre número de visitas ao cocho e visitas ao cocho com consumo (NTVC/NVCC), velocidade do vento (V) e precipitação (P).

4. Discussão

As condições meteorológicas observadas no estudo representaram às médias registradas a longo prazo nesta região durante o verão. O período de confinamento foi atípico ao que comumente é realizado no Brasil, visto que, nesta época há um grande volume de chuvas e oferta de forragem nos pastos. No entanto, é um período em que o ambiente térmico é desafiador aos animais, com temperaturas e umidade do ar elevadas. Em uma considerável parte do estudo, a temperatura esteve acima de 30 °C em 12,74% dos registros e a umidade esteve acima de 80% em 73,22%. Este cenário é desfavorável aos bovinos, visto que o consumo de matéria seca, crescimento e eficiência alimentar de bovinos de corte são prejudicados quando os limiares excedem a temperatura de 30 °C com a umidade relativa abaixo de 80% ou quando a temperatura é superior a 27 °C com a umidade relativa acima de 80% (SCAHAW, 2001). Nesta perspectiva, os animais passaram por momentos de desafio térmico. Em situações fora de sua zona termoneutra os bovinos gastam mais energia para manter a homeotermia (Collier et al. 2019).

O ITU é o índice mais comumente usado para avaliar o conforto térmico dos animais, no presente estudo o ITU ultrapassou o limiar de 74 em 37,54% dos registros. Não foram encontrados estudos comparando a influência do ambiente no consumo de matéria seca e comportamento ingestivo de bovinos Senepol. Observou-se que a redução no CMS foi maior à medida que o desafio térmico se elevou, sendo 7% na classe de ITU alerta, aumentando para

11,03 e 11,89% sob perigo e emergência, respectivamente. De fato, os valores de ITU podem modificar o comportamento alimentar dos bovinos, como demonstrado por Valente et al. (2015) ao compararem a influência do ITU sobre o CMS em bovinos Angus (*Bos taurus*) e Nelore (*Bos indicus*) submetidos a diferentes níveis de estresse por calor diurno (termoneutralidade, moderado e alto com ITUs de 72,6; 76,4 e 81,5, respectivamente). Os autores observaram que o consumo diurno e diário dos animais Nelore não foi prejudicado pelo estresse por calor, em contrapartida, os animais Angus reduziram o consumo diurno em 24% e o CMS diário em 15%. O'Brien et al. (2010) relataram redução em 12% no CMS de bovinos de corte em crescimento sob estresse por calor submetidos a temperatura de 29,4 °C a 40 °C. Com relação ao menor consumo observado de MS dos touros sob valores de ITU que excederam a zona de termoneutralidade, foi possivelmente uma tentativa em reduzir a carga de calor, preterindo o consumo e diminuindo incremento calórico proveniente dos alimentos (Sullivan e Mader, 2018).

Devido ao alto custo da alimentação na pecuária de corte e seu grande impacto nos custos de produção, as características relacionadas ao consumo alimentar são importantes métricas do sucesso da atividade por estarem correlacionadas com características produtivas, e, conseqüentemente, a conversão em carne. Neste estudo o CMS%PC foi maior 10,98% quando os animais estavam sob conforto (classe 1 de ITU) comparados aos ambientes perigo e emergência. Guimarães et al. (2017) verificaram em bovinos Senepol confinados CMS%PC de 2,37% para os mais eficientes, ao passo que os menos eficientes ingeriram 2,73% de seu peso corporal em matéria seca. Já Ferreira et al. (2020) relataram o consumo médio de 2,8% em relação ao peso corporal para touros Senepol. As variações no consumo são comuns durante as diferentes fases no ciclo de vida do animal e podem ocorrer por diversas causas, visto que o controle do consumo é de natureza multifatorial (NRC 2016) e pode ser influenciado, por

exemplo, pelo estresse por calor, disponibilidade de alimentos, fotoperíodo e composição corporal, dentre outros.

Como notado no presente estudo, o maior tempo gasto no cocho em alimentação foi de 196,1 minutos quando o ambiente estava termicamente favorável e os animais gastaram mais tempo com atividades alimentares. Em contrapartida, os animais sob desconforto térmico passaram cerca de 158,5 minutos no cocho (média das classes 2, 3 e 4), esta situação corrobora com Mader e Davis (2004) que relataram mudanças nos padrões de comportamento alimentar dos bovinos de corte, que passam a se alimentar nas horas mais frescas do dia (fim de tarde e início da noite) para evitar elevar seu calor metabólico conjuntamente a picos na carga de calor oriundas do ambiente. Os animais exibem respostas comportamentais e fisiológicas como a busca por sombra, interrupção do consumo de alimentos, aumento na ingestão de água e ativação de mecanismos fisiológicos quando expostos a temperatura, umidade, radiação solar e vento desfavoráveis (Collier e Gebremedhin, 2015), na tentativa de alcançar o equilíbrio térmico.

O número de refeições realizado pelos touros Senepol foi consideravelmente afetado pelo ambiente quente, as visitas com consumo reduziram em 46,85%; 55,16% e 32,02% quando o ITU esteve em alerta, perigo e emergência, respectivamente. Brown-Brandl et al. (2005) observaram um padrão de comportamento alimentar compensatório, com maior CMS, TC, número de refeições, tempo de cocho e quantidade ingerida por refeição quando o ITU estava mais ameno. Este comportamento das variáveis ingestivas indica que os bovinos nos períodos mais quentes reduzem o consumo de matéria seca por refeição e dividem-nas em maior número de refeições, um mecanismo adaptativo para reduzir sua produção metabólica de calor (Gaughan et al. 2019).

A equação do ICT considera os efeitos da radiação solar e velocidade do vento, além de temperatura e umidade do ar, e seu limiar possibilita ajustes quanto ao genótipo, cor do pelo,

alimentação, acesso à sombra, estado de saúde, presença de lama e dias em confinamento. Os animais estiveram sob valores que excederam o limiar de ICT (>91) em 66,67% das vezes em que se realizou o cálculo, indicando que na maior parte do tempo estiveram fora de sua zona de termoneutralidade, no entanto, o índice fornece um valor pontual para a intensidade de carga térmica, mas não sua duração. Gaughan et al. (2010) relataram para a raça taurina Angus (com acesso à sombra) redução de 4,7% (variando de 2,2 a 8,3%) no CMS quando os bovinos foram expostos ao ICT maior que 86, já animais da mesma raça sem sombreamento reduziram o CMS entre 14,3 e 15,8%.

O alto volume de chuvas e o efeito da velocidade do vento, juntamente a radiação solar não influenciaram o CMS dos animais em ambas as classes de ICT. A não influência da radiação solar sobre o consumo e comportamento ingestivo não foi o esperado, uma vez que os animais não tiveram acesso à sombra e foram submetidos a altas cargas de calor diurnas, o que é um fator positivo que indica aclimação dos animais a valores mais altos de radiação solar. Uma possível explicação para este fato pode estar ligada à pelagem *SLICK Hair* presente nos animais Senepol, que lhes confere uma pelagem de cor vermelha, densa e brilhante que está associada a tolerância ao calor, e, possivelmente relacionada a capacidade de refletir a radiação solar (Olson et al. 2003). No entanto, é importante ressaltar que o consumo é uma variável influenciada por múltiplos fatores e que as alterações nos padrões de alimentação podem ocorrer horas ou até mesmo dias após as condições térmicas desfavoráveis (Curtis et al. 2017). Este comportamento pode estar associado ao fato de que, mesmo expostos a condições termicamente severas durante o dia, os animais são capazes de dissipar calor durante o período noturno caso as condições de temperatura e umidade estejam favoráveis (Sullivan e Mader, 2018).

5. Conclusão

Apesar de considerados adaptados ao calor, touros Senepol confinados no verão em regiões intertropicais tiveram o consumo de matéria seca afetados quando submetidos a ITU maiores que 74. Entretanto, as variáveis de consumo e comportamento alimentar não são influenciadas pela alta radiação solar, e, mesmo sob altos valores de Índice de Carga Térmica e um regime alto de chuva, mantiveram valores consideráveis de consumo de matéria seca e visitação ao cocho.

Agradecimentos

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

Referências

Beede, D.K., Collier, R.J., 1986. Anim. Sci. J. 62, 543-554. <https://doi.org/10.2527/jas1986.622543x>.

Bernabucci, U., Lacetera N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A., 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Anim. Sci. J. 4, 1167-1183. <https://doi:10.1017/S175173111000090X>.

Berman, A., Horovitz, T., Kaim, M., Gacitua, H., 2016. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. Int. J. Biometeorol. 60, 1453-1462. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>.

Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A., Hahn, G.L., 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. *Biosyst. Eng.* 90, 451-462. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006>.

Carabaño, M.J., Ramón M., Menéndez-Bruxadera, A., Molina, A., Díaz C., 2019. Selecting for heat tolerance. *Anim. Front.* 9, 62-68. <https://doi.org/10.1093/af/vfy033>.

Clemmons, B.A., Voy, B.H., Myer, P.R., 2018. Altering the gut microbiome of cattle: considerations of host-microbiome interactions for persistent microbiome manipulation. *Microb. Ecol.* 77, 523-536. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1234-9>.

Collier, R.J., Baumgard, L.H., Zimbelman, R.B., Xiao, Y., 2019. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Anim. Front.* 9, 12-19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>.

Collier, R.J., Gebremedhin, G.K., 2015. Thermal biology of domestic animals. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 3, 513-532. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>.

Curtis, A.K., Scharf, B., Eichen, P.A., Spiers, D.E., 2017. Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. *J. Therm. Biol.* 63, 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.11.015>.

Eigenberg, E.A., Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A., Hahn, G.L., 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive

Relationships. *Biosyst. Eng.* 91, 111-118.

<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001>

Ferreira, A.M.S., Silva, S.P., Faria, C.U., Mendes, E.D.M., Felipe, E.F., 2020. Consumption of dry matter observed and predicted by the nutritional systems in Senepol bulls kept in confinement. *Biosci. J.* 36, 2165-2171. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v36n6a2020-48025>.

Flori, L., Gonzatti, M.I., Thevenon, S., Chantal, I., Pinto, J., Berthier, D., Aso, P.M., Gautier, M., 2012. A Quasi-Exclusive European Ancestry in the Senepol Tropical Cattle Breed Highlights the Importance of the SLICK Locus in Tropical Adaptation. *PLoS One.* 7, 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036133>.

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Sullivan, M.L., Hahn, G.L., 2010. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. *Int. J. Biometeorol.* 54, 617-627. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0233-4>.

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A., 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86, 226-234. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>.

Gaughan, J.B., Sejian, V., Mader, T.L., Dunshea, F.R., 2019. Adaptation strategies: ruminants. *Anim. Front.* 9, 47-53. <https://doi.org/10.1093/af/vfy029>.

Guimarães, A.L., Mercadante, M.E.Z., Canesin, R.C., Branco, R.H., Lima, M.L.P., Cyrillo, J.N.S.G., 2017. Phenotypic association between feed efficiency and feeding behavior, growth

and carcass traits in Senepol cattle. *Rev. Bras. Zootec.* 46, 47-55.

<https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000100008>

Lacetera, N., 2019. Impact of climate change on animal health and welfare. *Anim. Front.* 9, 26-31 . <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>.

Mader, T.L., Davis, M.S., 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. *Anim. Sci. J.* 82, 3077-3087.

<https://doi.org/10.2527/2004.82103077x>.

National Research Council (NRC), 2000. Nutrient requirements of beef cattle, seventh ed. Press, Washington. <https://doi.org/10.17226/9791>.

Novais, G.T., Brito, J.L.S., Sanches, F.O., 2018. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. *Rev. Bras. Climatol.* 23, 223-243.

<https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>.

O'Brien, M.D., Rhoads, S.R., Sanders, G.C., Duff, Baumgard, L.H. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.* 38, 86-94.

<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2009.08.005>.

Olson, T.A., Lucena, C., Chase Jr., C.C. Hammond, A.C., 2003. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *Anim. Sci. J.* 81, 80-90.

<https://doi.org/10.2527/2003.81180x>.

Salles, M.S.V., Zanetti, M.A., Salles, F.A., 2008. Effect of monensin on mineral balance in growing ruminants reared under different environmental temperatures. *Anim. Feed Sci. Technol.* 141, 233-245. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.030>.

SCAHAW-Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (2001), *The Welfare of Cattle kept for Beef Production*, 25 April 2001, SANCO.C.2/AH/R22/2000.

Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshe, F.R., Lacetera, N., 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal.* 12, 431-444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>.

St-Pierre, N.R., Cobanov, B., Schnitkey, G., 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Int. J. Dairy. Sci.* 86, 52-77. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5).

Sullivan, K.F., Mader, T.L., 2018. Managing heat stress episodes in confined cattle. *Vet. Clin. N. Am. Food. A.* 34, 325-339. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.05.001>.

Valente, E.E.L, Chizzotti, M.L., Oliveira, C.V.R., Galvão, M.C., Domingues, S.S., Rodrigues, A.C., Ladeira, M.M., 2015. Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. *Semin. Cienc. Agr.* 36, 4565-4574. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Sup2p4565>

**ANEXO A- PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA NA
UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS**



Universidade Federal de Uberlândia
**Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
- Comissão de Ética na Utilização de Animais**

(CEUA) - Rua Ceará, S/N - Bloco 2D, sala 08 - Campus Umuarama - Uberlândia-MG
CEP 38405-315; e-mail: ceua@propp.ufu.br; www.comissoes.propp.ufu.br
Telefone: 3225-8652



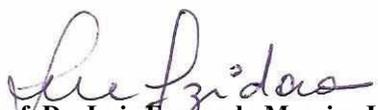
**ANÁLISE FINAL Nº A011/21 DA COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE
ANIMAIS**

Projeto Pesquisa: “Influência do ambiente térmico sobre o comportamento ingestivo e consumo de matéria seca em touros Senepol confinados em ambiente tropical”.

Pesquisador Responsável: Gustavo Pereira Viana

Declaro para os devidos fins, que o projeto intitulado “Influência do ambiente térmico sobre o comportamento ingestivo e consumo de matéria seca em touros Senepol confinados em ambiente tropical” não manipula diretamente animais vivos para colheita de amostras biológicas, trata se de uma pesquisa utilizando banco de dados. Desse modo, por não ferir a ética relacionada à experimentação animal e, estando em conformidade com a legislação federal, Lei Nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, não há necessidade de apreciação e aprovação pela Comissão de Ética na Utilização de Animais-CEUA.

Uberlândia, 11 de junho de 2021.


Prof. Dr. Luiz Fernando Moreira Isidoro
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Comissão de Ética na Utilização de Animais
 Coordenador da CEUA Portaria R Nº 1114/2020