

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

TÁISLA INARA NOVELLI

**Efeito da sombra artificial sobre o conforto térmico e o desempenho
zootécnico de Nelores em confinamento**

Pirassununga

2022

TÁISLA INARA NOVELLI

Efeito da sombra artificial sobre o conforto térmico e o desempenho zootécnico de Nelores em confinamento

Versão corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor(a) em Ciência do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e produtividade animal

Orientador(a): Prof^a Dra. Luciane Silva Martello

Coorientador: Prof Dr. Julio Cesar Pascale Palhares

Pirassununga

2022

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

N938e Novelli, Táisla Inara
Efeito da sombra artificial sobre o conforto térmico e o desempenho zootécnico de Nelores em confinamento / Táisla Inara Novelli ; orientadora Luciane Silva Martello ; coorientador Julio Cesar Pascale Palhares. -- Pirassununga, 2022.
128 f.

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

1. Bovino de corte. 2. Consumo alimentar para animal. 3. Fisiologia. 4. Bem-estar do animal. 5. Comportamento animal. I. Martello, Luciane Silva, orient. II. Palhares, Julio Cesar Pascale, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dra. Luciane Silva Martello, pela orientação, oportunidade e por todos os ensinamentos que contribuíram para o meu aperfeiçoamento intelectual e científico.

Ao Prof. Dr. Julio Cesar Pascale Palhares, pela coorientação, oportunidade e por todos os ensinamentos que contribuíram para o meu aperfeiçoamento intelectual e científico.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos e a Embrapa Pecuária Sudeste, pela parceria que viabilizou a execução deste trabalho.

Aos alunos do Laboratório de Zootecnia de Precisão e estagiários da Embrapa Pecuária Sudeste, pela convivência e contribuição no experimento.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

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

RESUMO

NOVELLI, T. I. **Efeito da sombra artificial sobre o conforto térmico e o desempenho zootécnico de Nelores em confinamento**. 2022. 128 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

O gado Nelore, apesar da sua rusticidade, também está sujeito as variações das condições térmicas do ambiente no sistema confinado, as quais podem afetar negativamente características importantes para obtenção de desempenho. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do sombreamento artificial sobre as características fisiológicas, comportamentais e de desempenho de bovinos da raça Nelores durante a fase de terminação em confinamento. O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste localizada em São Carlos/SP. No estudo foram utilizados 47 bovinos machos não castrados da raça Nelore, com 23 meses e peso médio de $450 \pm 16,3$ kg. Os animais foram divididos em dois tratamentos: confinamento sem acesso a sombra artificial (tratamento sol; $n=23$) e confinamento com acesso a sombra artificial (tratamento sombra; $n=24$). A dieta foi formulada com alto teor de concentrado e os animais tiveram acesso *ad libitum* ao alimento e à água. Os parâmetros fisiológicos, comportamentais e produtivos estudados foram avaliados em função dos dias, das horas e turnos ao longo do segundo semestre de 2019. A análise de dados foi realizada por meio do software estatístico SAS. O desempenho produtivo dos animais foi avaliado pelas características peso vivo inicial e final, ganho de peso médio diário, rendimento de carcaça e conversão alimentar. Ambos os tratamentos obtiveram desempenho semelhante ($P>0,05$). O consumo médio diário de alimento não diferiu entre os tratamentos ($P>0,05$), mas o de água foi menor para os animais com sombra ($P<0,10$). Em termos de quantidade e frequência de visitas ao cocho e bebedouro, os tratamentos apresentaram diferença em função dos turnos (manhã, tarde, noite e madrugada). No turno da noite os animais sem acesso a sombra consumiram maior ($P<0,05$) quantidade alimento e visitaram mais o cocho ($P<0,05$) e, no turno da manhã, apresentaram maior ($P<0,05$) volume de água ingerido e número de visitas ao bebedouro. A frequência respiratória e as temperaturas da frente, costado e garupa foram menores para os animais do tratamento sombra ($P<0,05$). A temperatura máxima do globo ocular e a temperatura retal não diferiu entre os tratamentos ($P>0,05$). A concentração de cortisol também não diferiu entre os tratamentos, mas após 84 dias foi menor para os animais com sombra ($P<0,05$). Durante a análise do comportamento foi observado um aumento de busca pela sombra a partir das 10 horas e, às 11 horas o índice de estresse térmico indicou condição de alerta. Ao meio-dia a proporção de animais e o tempo em ócio em pé foi maior no tratamento sol; contudo, os animais do tratamento sombra realizando este mesmo comportamento passaram mais tempo na sombra ($P<0,05$). Os animais sem sombra apresentaram maior ($P<0,05$) percentual de animais e tempo comendo às 10 horas; em contrapartida, o maior ($P<0,05$) percentual de animais comendo no tratamento com sombra foi obtido às 13 horas. A produtividade hídrica demonstrou que os animais com sombra produziram mais carne por volume de água ingerido ($P<0,05$). Portanto, por meio deste estudo foi possível concluir que o sombreamento artificial influenciou as características estudadas, trazendo efeitos positivos para os animais e ao meio ambiente, sobretudo para a obtenção de semelhante desempenho com menos recursos naturais.

Palavras-chave: consumo de alimento, ingestão de água, estresse térmico, respostas fisiológicas, comportamento animal

ABSTRACT

NOVELLI, T. I. **Artificial shade effect on thermal comfort and zootechnical performance of Nelores in feedlot.** 2022. 128 f. Thesis (PhD level) – College of Animal Science and Food Engineering, University of Sao Paulo, Pirassununga, 2022.

The Nelore cattle, despite being rustic, is also subjected to weather condition variations in feedlot system, which can effect on a negative way its performance. The objective of the study was to evaluate the effect of artificial shading on the physiological, behavioral and performance characteristics of Nelore cattle during the finishing phase in feedlot. The experiment was carried out on the Embrapa Pecuária Sudeste located in São Carlos/SP. In the study, 47 uncastrated male Nelore cattle were used, aged 23 months and with an average weight of $450\pm 16,3$ kg. The animals were divided into two treatments: confinement without access to artificial shade (treatment sun; $n=23$) and confinement with access to artificial shade (treatment shade; $n=24$). The diet was formulated with high-concentrate level and the animals got *ad libitum* access to the food and water. Physiological, behavioural, and productive parameters were assessed as a function of days, hours and shifts throughout the second half of 2019. Data analysis was performed using the SAS statistical software. The productive performance of the animals was evaluated by the characteristics initial and final live weight, average daily weight gain, carcass yield, and feed conversion. Both treatments achieved similar performance ($P>0.05$). The average daily feed intake did not differ between treatments ($P>0.05$). The average daily water consumption was lower for the animals under shade ($P<0.10$). Ingestive responses (feed and water) evaluated as a function of days and shifts (morning, afternoon, evening, and dawn), showed differences among treatments. Regarding the intake and number of visits to the drinker or feed bunks, in the evening shift the animals from the sun treatment consumed more ($P<0.05$) food and visited the feed bunks more often ($P<0.05$). The volume of water intake and the number of drinker visits was higher ($P<0.05$) for the animals in the sun treatment in the morning shift. Respiratory rate and forehead, ribs, and rump temperatures were lower for the animals in the shade treatment ($P<0.05$). Maximum ocular globe temperature and rectal temperature did not differ between treatments ($P>0.05$). The concentration of cortisol also did not differ between treatments but was less after 84 days with shade access ($P<0.05$). During the behavior analysis an increase in shade seeking was observed from 10:00 am onwards, and at 11:00 am the heat stress index indicated an alert condition. At midday the proportion of animals idly standing was highest in treatment sun; however, animals in the shade treatment performing this same behaviour spent more time under shade ($P<0.05$). The animals without shade had the highest ($P<0.05$) percentage of animals and time eating at 10:00 am; in contrast, the highest ($P<0.05$) percentage of animals eating in the shade treatment was at 01:00 pm. The water productivity showed that the shaded animals produced more meat per volume of water ingested ($P<0.05$). Therefore, through this study it was possible to conclude that the shading influenced the characteristics studied, bringing positive effects for the animals and the environment, especially for obtaining similar performance with fewer natural resources.

Keywords: feed intake, water intake, thermal stress, physiological responses, animal behavior

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Descrição	Unidade
BW	Peso médio corporal	kg
CA	Conversão alimentar	kg kg ⁻¹
Cortisol	Concentração de cortisol	ng mL ⁻¹
Costela, TIVcostela	Temperatura do costado determinada por termografia de infravermelho	°C
CW	Peso de carcaça	kg
DM	Matéria seca	
DMI	Ingestão de matéria seca	kg ou toneladas
DWI	Ingestão de água de bebida diária	L
FLW	Peso vivo final	kg
FR	Frequência respiratória	mov. min ⁻¹
Fronte, TIVfronte	Temperatura da frente determinada por termografia de infravermelho	°C
Garupa, TIVgarupa	Temperatura da garupa determinada por termografia de infravermelho	°C
GMD	Ganho de peso médio diário	kg
GS	Grupo com sombra	
GWS	Grupo sem sombra	
IH ₂ O	Ingestão de água	L animal ⁻¹ dia ⁻¹
ILW	Peso vivo inicial	kg
IMS	Ingestão de matéria seca	kg animal ⁻¹ dia ⁻¹
LW	Peso vivo	kg
Olho, TIVolho	Temperatura do globo ocular determinada por termografia de infravermelho	°C
PCF	Peso de carcaça fria	kg
PCQ	Peso de carcaça quente	kg
PVF	Peso vivo final	kg
PVI	Peso vivo inicial	kg
Rad	Radiação solar	MJ m ⁻² dia ⁻¹
RC	Rendimento de carcaça	%
THI	Índice de temperatura e umidade	unidade de THI
TIV	Termografia de infravermelho	°C
Tmax, T_max	Temperatura máxima do ar	°C
Tmed, T_med	Temperatura média do ar	°C
Tmin, T_min	Temperatura mínima do ar	°C
TR	Temperatura retal	°C
Trat	Tratamento experimental	
UR	Umidade relativa média do ar	%
Vento	Velocidade média do vento	m s ⁻¹

Sigla	Descrição	Unidade
WI	Ingestão de água	L ou m ³
WP	Produtividade hídrica	LW m ⁻³ CW m ⁻³
WP _{CW}	Produtividade hídrica para peso de carcaça	kg m ³
WP _{LW}	Produtividade hídrica para peso vivo	kg m ³

SUMÁRIO

1. Introdução geral	11
1.1 Objetivo geral	13
1.1.1 Objetivos específicos	13
1.2 Revisão de literatura	13
1.2.1 Tolerância térmica dos Zebuínos	13
1.2.2 Indicadores de estresse térmico	16
1.2.3 Uso da sombra artificial na redução dos efeitos do estresse térmico	17
1.2.4 Fatores que influenciam no consumo de matéria seca e hídrico de bovinos	18
1.3 Referências Bibliográficas	21
2. Capítulo 1 – Respostas ingestivas e fisiológicas relacionadas ao desempenho de bovinos da raça Nelore confinados com e sem sombra artificial	26
2.1 Introdução	26
2.2 Material e Métodos	28
2.3 Resultados e Discussão	41
2.4 Conclusão	68
2.5 Referências Bibliográficas	69
3. Capítulo 2 – O comportamento de bovinos da raça Nelore em confinamento com e sem sombra artificial	74
3.1 Introdução	74
3.2 Material e Métodos	77
3.3 Resultados e Discussão	84
3.4 Conclusão	101
3.5 Referências Bibliográficas	102
4. Capítulo 3 – Consumo, produtividade e custo: Três dimensões da água e a sua relação com o fornecimento de sombreamento artificial para o gado de corte em confinamentos.	105
4.1 Introdução	105
4.2 Material e Métodos	108
4.3 Resultados e Discussão	111
4.4 Conclusão	122
4.5 Referências Bibliográficas	123
5. Considerações Finais	128

1. Introdução geral

A segurança alimentar do mundo é uma questão sempre presente na história. Sendo assim, a manipulação do ambiente físico ou gerencial para aumentar a produtividade animal é uma ferramenta potencialmente importante para o uso da ciência animal (AMES e RAY, 1983).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura reconhece a importância de pesquisas e programas concentrados na área de produção e consumo de alimentos para atender a demanda alimentar da população (FAO, 2014). A instituição atesta que a população mundial continuará a crescer e que a demanda por alimentos deverá acompanhar este crescimento, prevendo a necessidade de aumentar a produção total de carne e leite até 2050 em 73 % e 58 %, respectivamente (FAO, 2011). Por outro lado, há cenários demonstrando os impactos negativos do aquecimento do planeta sobre as atividades agropecuárias e, certamente, no bem-estar e consequente desempenho dos animais. Estima-se que o aquecimento global reduza a produtividade animal em 25 % em países tropicais e subtropicais, sendo que estes representam mais da metade da produção de leite e carne mundial (SEGUIN, 2008). As projeções das implicações devido às mudanças do clima na produção pecuária são de ordem direta e indireta (WREFORD e TOPP, 2020). As de ordem direta incluem impactos na saúde animal, no bem-estar e no crescimento e reprodução. As indiretas são devido ao impacto das mudanças climáticas na produtividade de pastagens, forragens e alimentos para animais. Pode-se incluir também a elevação dos custos econômicos dos insumos, por exemplo, de matérias-primas importadas. Titto (1998) e Biavaletti et al. (2014) também considerando o impacto dessas condições na produção animal, destacam que dois terços do Brasil está situado na faixa tropical do planeta, região já caracterizada pela alta incidência de raios solares e temperaturas elevadas.

A produção de bovinos confinado no Brasil vem crescendo nos últimos anos, dos 39,1 milhões de cabeças abatidas no ano de 2021, 6 milhões eram de animais em confinamento, o que representa 15,4 % do abate total (ABIEC, 2022). O volume de animais confinados no Brasil deve passar dos atuais 6 milhões de cabeças (ABIEC, 2022), para mais de 9 milhões em 2023 (RABOBANK, 2014). Esse crescimento é justificado, segundo Medeiros (2014), por aspectos como: antecipação da idade de abate dos animais confinados, maior controle da alimentação e seus ingredientes

neste sistema, maior produtividade por área, liberação de áreas agrícolas para outras atividades econômicas e maior qualidade da carcaça. Dos animais que compõem o rebanho brasileiro, cerca de 80 % são compostos por animais de subespécies zebuínas (*Bos indicus*), e dessa porcentagem cerca de 90 % são constituídos pela raça Nelore (ASBIA, 2019). Uma das características marcantes dessa raça é a capacidade de resistência a temperaturas elevadas, umidade e parasitas, quando comparadas às raças oriundas do gado europeu (HANSEN, 2004). Porém, o fato de zebuínos serem mais resistentes às condições de estresse térmico não significa que não possam responder de forma positiva a melhores condições de conforto térmico. No entanto, estudos que avaliam respostas termorregulatórias e comportamento de Nelores (zebuínos) em confinamentos ainda são escassos e podem contribuir para obtenção de maior eficiência produtiva e melhor bem-estar animal nesses sistemas, sobretudo porque, não raro, grande parte das instalações comerciais são desprovidas de qualquer recurso de sombreamento.

Dessa forma, questões relacionadas à influência do estresse térmico no desempenho e comportamento dos animais precisam ser elucidadas a fim de se propor melhorias no manejo animal. Respostas que indiquem como o sistema pode ser melhor manejado, a fim de atenuar esta influência, podem propiciar ganhos produtivos e agregação de valores de bem-estar animal aos produtos gerados.

Além disso, mensurar estas potenciais respostas por indicadores fisiológicos, de bem-estar e produtivos ofertará boas práticas de produção à atividade.

Portanto, considerando as realidades, os desafios e os cenários que influenciarão os aspectos do bem-estar e produção animal, a hipótese desta tese de doutorado foi que a falta de sombreamento artificial exerce influência sobre os parâmetros fisiológicos e comportamentais dos bovinos, reduzindo o consumo e, conseqüentemente o desempenho. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sombreamento artificial sobre as características fisiológicas, comportamentais e de desempenho de bovinos da raça Nelore durante a fase de terminação em confinamento, para gerar informações científicas que contribuirão para o desenvolvimento de práticas para viabilizar uma produção sustentável.

Ressalta-se que, a produtividade animal avaliada em função do uso de recursos hídricos traz um diferencial de ineditismo frente às pesquisas produzidas até o momento na área de ambiência em bovinos de corte confinados.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do estudo foi avaliar o efeito do sombreamento artificial sobre as características fisiológicas, comportamentais e de desempenho de bovinos da raça Nelore durante a fase de terminação em confinamento.

1.1.1 Objetivos específicos

- a) avaliar o efeito da sombra artificial sobre respostas de desempenho, fisiológicas e comportamentais de bovinos Nelore confinados considerando abordagens a respeito de eventos climáticos;
- b) avaliar o efeito da sombra artificial para bovinos da raça Nelore em sistema confinado a partir da expressão de comportamentos naturais em grau de intensidade, duração e incidência;
- c) avaliar o impacto de uma prática de bem-estar (sombreamento artificial) na ingestão de água e na produtividade hídrica e as relações desses indicadores com o desempenho animal e o custo da água em sistema de confinamento de bovinos.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Tolerância térmica dos Zebuínos

O gado bovino existente teve como seus progenitores os extintos auroques (*Bos primigenius*), que foram domesticados a cerca de 10.500 anos. No início a genética destes animais tinha procedência de uma região restrita, mas com o gado domesticado fora dessa região ganhou-se atributos heterogêneos de diversas estirpes de auroques, incluindo contribuições dos ancestrais bovinos africanos. Com isso, o gado zebu teve sua origem mediada por um processo de hibridação dos animais, o qual foi provavelmente estimulado por um período de seca generalizada, sugerindo a seleção daqueles animais adaptados ao ambiente árido (VERDUGO et al., 2019).

Por volta de 8.000 anos atrás, após os *Bos indicus* serem domesticados no Vale Indu, atual Paquistão, eles se espalharam pelo mundo, deixando um legado de adaptação tropical aos seus descendentes (PATEL, 2019).

Nas Américas, especificamente o *Bos indicus* chegou há cerca de 150 anos. Os animais zebras foram importados em sua maioria diretamente da Índia, com um conjunto de genes que incluía as raças como Ongole (Nelore), Guzera e Gir (UTSUNOMIYA et al., 2019).

Essa adaptação tropical conferiu rusticidade aos animais, um caráter muito relevante para a pesquisa científica nos dias atuais; visto que as condições climáticas são um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento dos animais em regiões tropicais (PIRES et al., 2019). Esse legado seria, portanto, uma vantagem econômica na utilização do *Bos indicus* frente à criação de *Bos taurus* (UTSUNOMIYA et al., 2019).

Em cenários futuros, que antecipam o aumento da população e da produção de alimento para dar suporte a população em crescimento (FAO, 2018), desafia-se os sistemas de produção como um todo, pois à medida que os níveis de produção (como por exemplo, a taxa de ganho, a produção de leite por dia, o número de ovos por dia, etc.) aumentam, a sensibilidade ao estresse tende a aumentar, mas a tolerância ao estresse é reduzida (COLLIER, 2018).

A manifestação dos limites de tolerância térmica dos animais pode ser expressa por meio de tantos comportamentos e variáveis, podendo variar na intensidade de suas respostas, sendo que algumas podem ser tão sutis, que só equipamentos de alta precisão poderiam captar as mínimas diferenças, pois de outra forma seriam quase imperceptíveis, mesmo com o estresse presente.

De acordo com Renaudeau et al. (2011) os animais criados em confinamento são mais susceptíveis ao calor do que os animais criados a pasto, pois estes têm a possibilidade de procurar por sombra, água e movimento de ar para se resfriar. Enquanto aqueles em confinamento podem ter o calor radiante aumentado em razão das superfícies de concreto, da sujeira e da ausência de sombreamento. Portanto, mesmo que ambos os sistemas permitam que o animal possa expressar seu comportamento normal para evitar as condições extremas, no primeiro o animal poderá agir com total liberdade e no segundo terá de adaptar-se as condições e infraestruturas estabelecidas pelo homem.

Segundo Silva (2000) quando um animal é colocado em um determinado ambiente, as trocas térmicas que realiza com ele dependem da situação em que ambos se encontram. Se o ambiente apresenta temperaturas mais elevadas do que aquelas nas quais o organismo opera melhor, então há uma condição de estresse térmico. Este, por sua vez, não ocorre de forma imediata, mas sim após um período prolongado de aquisição de calor exógeno constante, e sob a impossibilidade de perda de calor pelo animal.

De acordo com Baêta e Souza (2010) 27 °C é o valor crítico de temperatura superior para raças *Bos taurus* e 35 °C é o limite para *Bos indicus*. Contudo, o limite pode divergir dependendo da adaptação do animal, do tempo de exposição ao estresse térmico (MANICA, 2022) e do nível de desempenho animal (FUQUAY 1981; HAHN et al. 1997). À medida que a temperatura ambiente se eleva, o animal alcança o limite superior da homeotermia e seu organismo não é mais capaz de impedir o aumento da temperatura interna (SILVA, 2000). De acordo McDowell et al. (1976) citado por Silanikove (2000), o aumento ou a redução 1°C na temperatura interna do animal é suficiente para reduzir o desempenho na maioria dos animais domésticos.

Como formas de lidar com as condições adversas o animal apresenta adaptações fisiológicas ao desafio térmico, bem como alteração na frequência respiratória, temperatura retal, temperatura de superfície corporal e taxa de sudorese (INDU, 2015).

Estudos anteriores demonstraram os efeitos negativos do estresse térmico de bovinos submetidos em ambientes com elevadas temperaturas e umidades do ar, combinadas a outras condições de velocidade do vento e radiação solar (CHICHESTER; MADER, 2012; MADER; GRIFFIN, 2015). Nessa situação os bovinos têm sua temperatura corporal deslocada do estado de homeotermia (YOUSEF, 1985; DIKMEN e HANSEN, 2009), afetando negativamente o seu desempenho.

O desempenho de bovinos em confinamento é altamente dependente do consumo da matéria seca, o qual é influenciado pelas condições térmicas do ambiente (NRC, 1987). De acordo com Hahn (1999), sob condições ambientais quentes, o consumo da matéria seca é uma função da temperatura corporal central. Brown-Brandl et al. (2006) observaram que condições de estresse ocorrem quando as condições meteorológicas mudam repentinamente e as temperaturas aumentam rapidamente ou permanecem altas por vários dias consecutivos, com pouca ou nenhuma redução durante a noite. Nessa situação os animais são acometidos pelos

efeitos do estresse térmico com redução da ingestão de matéria seca, aumento no consumo de água, redução na absorção de nutrientes e baixo desempenho (SUMMER et al., 2019).

1.2.2 Indicadores de estresse térmico

Embora o impacto do estresse térmico em bovinos de corte não seja imediatamente perceptível, tal como na produção de bovinos de leite, há uma série de mudanças nas respostas comportamentais e fisiológicas que são observadas nos bovinos de corte e possibilitam identificar e quantificar o estresse nestes animais (SUMMER et al., 2019; INDU; PAREEK, 2015). Na tentativa de manter a temperatura corporal, o animal altera as respostas fisiológicas e comportamentais para aumentar ou reduzir a perda de calor (SORIANI; PANELLA; CALAMARI, 2013).

A temperatura corporal é um excelente indicador de suscetibilidade do animal à carga térmica; no entanto, os dispositivos usados para monitorar a temperatura corporal não são viáveis para grandes números de animais em ambientes comerciais (MADER et al., 2002; DAVIS et al., 2003; MADER, 2003). O grau de ofego ou taxa respiratória, ou ambos (GAUGHAN et al., 2000; SILANIKOVE, 2000) também são bons indicadores do nível de estresse térmico. Diversos estudos têm sido realizados para avaliar a temperatura corporal por métodos não invasivos, utilizando tecnologias de medição indireta com a termografia de infravermelho para avaliar a resposta termorregulatória e a condição de conforto a partir da temperatura de superfície corporal da pele (CARDOSO et al., 2015; MARTELLO et al. 2016).

Índices ambientais também são comumente utilizados para avaliar o estresse animal. Um dos mais utilizados é o índice de temperatura e humidade desenvolvido por Thom (1959), o qual foi adaptado para avaliar o efeito da temperatura do ar (TA) e umidade do ar (UA) associada ao risco de estresse térmico nos animais (SUMMER et al., 2019). Outros índices também foram desenvolvidos, porém, considerando além da TA e UA, o vento, a temperatura de globo negro, entre outros atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera de um determinado local.

1.2.3 Uso da sombra artificial na redução dos efeitos do estresse térmico

Entre as estratégias existentes para redução do estresse térmico em bovinos confinados, o sombreamento artificial é a que tem sido estudada com maior frequência (BROWN-BRANDL, 2013, 2018). A vantagem desta alternativa é que ela facilmente implantada nos sistemas produtivos e tem sido testada com diferentes materiais para avaliar seu efeito sobre o bem-estar e desempenho animal (EIGENBERG et al., 2010).

Estudando sombra artificial com diferentes materiais e percentuais de sombra (tecidos de polietileno para 100 % de sombra, 60 % de sombra com revestimento refletivo, 60 % de sombra sem revestimento refletivo e 30 % de sombra com material de cerca para neve), Eigenberg et al. (2010) observaram que todos os materiais estudados foram efetivos na redução do estresse térmico dos animais quando comparado aos animais em condições sem sombra. Brown-Brandl et al. (2017), ao levar em consideração as respostas fisiológicas e ambientais, observaram que o material que ofereceu 60 % de sombra, feito de malha aluminizada, alcançou reduções na temperatura de globo negro, na radiação solar, na temperatura de superfície do solo e a melhor proteção geral para os animais em relação a taxa respiratória, a temperatura corporal e aos parâmetros sanguíneos, comparativamente aos materiais que forneceram 100 % de sombra com material refletivo externo e sombra feita de material plástico de cerca para neve.

Outra questão importante, é a quantidade de área de sombra que deve ser ofertada a cada animal. De acordo Edwards - Callaway et al. (2021) há confinamentos com áreas de sombra de 1,5 a 9 m² por animal, entre os quais observaram redução do estresse térmico com o uso do sombreamento e conseqüente melhora do desempenho e eficiência mesmo sem o aumento da ingestão de matéria seca.

Comparando o desempenho de animais *Bos taurus* em tratamentos com e sem acesso à sombra, Mitlöhner et al. (2002) encontraram maior percentual de ingestão de matéria seca, ganho médio diário e peso vivo final para animais em condições com sombra (2,12 m² animal⁻¹). Gaughan et al. (2010), observaram que apesar da sombra não eliminar completamente o impacto da carga de calor, proporcionou melhora do bem-estar dos animais e gerou resultados positivos na produção. Melton et al. (2019) avaliaram o efeito da sombra no desempenho de animais cruzados durante eventos de calor (temperatura máxima de 32,7 °C) e frio (temperatura máxima de 22,8 °C), e comprovaram que em ambas as situações a maior

ingestão de matéria seca ocorreu em animais que estavam sob condições de sombra (2,78 a 4,18 m² animal⁻¹).

Ressalta-se que grande parte desses estudos foram realizados com bovinos *Bos taurus*, os quais são mais suscetíveis ao estresse calórico em comparação com bovinos da espécie *Bos indicus*. Durante sua evolução, o gado zebu (*Bos indicus*) adquiriu genes que conferem termotolerância nos níveis fisiológico e celular.

No entanto, os avanços no melhoramento genético de bovinos zebuínos, especialmente da raça Nelore, a mais representativa na pecuária brasileira, contribuem para a maior produtividade desses animais, porém com consequências ainda pouco estudadas sobre a sua termotolerância. Alguns estudos sobre os efeitos do ambiente térmico em bovinos zebuínos estão relacionados com os prejuízos no desempenho reprodutivo (SKINNER e LOUW, 1966; TORRES-JÚNIOR et al., 2008; SILVA et al., 2013, FIALHO et al., 2018), sendo escassos os estudos que relacionem tais efeitos sobre desempenho e bem-estar em animais zebuínos em sistemas confinados.

Embora a sombra tenha se mostrado um recurso efetivo para a melhoria do bem-estar e desempenho dos animais, os trabalhos encontrados na literatura se limitam a monitorar e propor soluções para estas condições. Ou seja, não exploram o efeito que o sombreamento poderia ter em indicadores zootécnicos-ambientais, como por exemplo, na redução do consumo de água e, conseqüente impacto positivo na eficiência hídrica do produto carne, ou na geração de resíduos sólidos e líquidos pelos animais. Estes efeitos são bastante representativos para uma pecuária que almeja ser mais sustentável.

1.2.4 Fatores que influenciam no consumo de matéria seca e hídrico de bovinos

De acordo como o NRC (2016) a água é um nutriente essencial para os bovinos, a qual constitui cerca de 99% das moléculas de seu corpo. É utilizada pelos animais no processo de regulação térmica, crescimento, reprodução, metabolismo, excreção, hidrólise de proteínas, carboidratos e regulação homeostática de minerais. Sua necessidade é atendida por meio de três fontes: a água contida no alimento, água livre (água de bebida) e água metabólica, a qual é proveniente da oxidação de certos nutrientes contido nos alimentos.

No entanto, há vários fatores que influenciam o seu consumo, como o estágio produtivo que o animal se encontra, a atividade do animal, o tipo de dieta, a ingestão do alimento e a temperatura do ambiente. Elevada temperatura do ar ou atividade animal pode implicar no aumento de perda de água por evapotranspiração ou suor.

De acordo com o NRC (2016), o requerimento mínimo de água que o animal necessita é um reflexo da necessidade de manutenção, crescimento, crescimento fetal, reprodução, lactação e das perdas por fezes, urina, suor e evaporação dos pulmões ou pele, o qual pode ser alterado por qualquer aspecto que possa influenciar estas necessidades ou perdas.

Diversos trabalhos (PURWANTO et al., 1996; ARIAS et al., 2011; BREW et al., 2011; HUUSKONEN et al., 2011; SEXSON et al., 2015; WILLIAMS et al., 2016) estudaram os fatores que mais influenciam o consumo de água pelos animais em busca de determinar sua exigência com maior acurácia. Tais informações são indispensáveis para o planejamento dos sistemas de abastecimento de água para a produção animal, sobretudo para casos de interrupção do fornecimento de água ou até mesmo em cenários de escassez hídrica. Trata-se de questões importantes especialmente considerando-se que, no Brasil, grande parte dos confinamentos ocorrem no período seco no ano, quando sazonalmente há baixa reposição de água no lençol freático para suprir o uso de água subterrânea na produção animal.

Outro estudo Brew et al. (2011) foi realizado na busca de maior entendimento sobre a relação do consumo de água de animais de diferentes raças sobre as variáveis produtivas, como consumo de ração, ganho médio diário e eficiência alimentar. O consumo médio de água encontrado foi de $29,98 \pm 8,56$ L/cabeça/dia, com variação de 20,7 a 42,8 L entre os cruzamentos, com valores positivamente correlacionados com o consumo de ração e ganho médio diário dos animais.

Além da temperatura do ambiente, a qual se sobressai como parâmetro influenciador do consumo hídrico, outras variáveis ambientais também influenciam o consumo hídrico. No estudo de Arias et al. (2011) os autores demonstraram que não apenas a temperatura ambiente, mas um conjunto de variáveis ambientais estão relacionados com o consumo de água dos animais. Os dados de temperatura média, máxima e mínima, além da umidade relativa, velocidade do vento, precipitação, radiação solar e índice de temperatura e umidade (ITU) de Thom foram correlacionados com ingestão de água dos animais.

Sexson et al. (2015) avaliaram a relação entre o consumo de água diário de bovinos, ingestão de matéria seca e variáveis ambientais utilizando diferentes modelos de cálculo. Como resultado encontraram que variáveis como ingestão de matéria seca, temperatura do dia anterior, temperatura diária, mudança de temperatura, velocidade média do vento e índice de temperatura e humidade, estão positivamente relacionadas com consumo de água diário.

O acesso à fonte de água também determina a quantidade de água ingerida pelo animal, por esse motivo o comportamento de ingestão hídrica também deve ser avaliado. Willians et al. (2016) observaram que o comportamento de consumo de água do gado de leite é diferente do gado de corte; e que a frequência do acesso a água pode afetar o volume de água consumido, bem como a ingestão de alimento, peso vivo, condição corporal e características de carcaça.

Ressalta-se que estudos para se determinar o consumo hídrico durante o período de confinamento contribuem com informações importantes, relativas a melhorias no sistema produtivo. Porém, até o presente momento estudos que avaliam o consumo hídrico em sistemas confinados com ou sem sombreamento são escassos, com exceções notáveis tais como Gaughan et al., (2010) e Sullivan et al., (2011), embora possam contribuir com informações estratégicas importantes para a cadeia produtiva.

Diferente dos fatores que afetam a ingestão hídrica, os fatores que afetam o consumo da matéria seca são amplamente estudados, devido sua relação com o controle da produção animal, resultados obtidos e principalmente em relação os fatores econômicos envolvidos.

De acordo com o NRC (2016) são diversos os fatores que afetam o consumo de matéria seca dos animais, entre eles inclui-se a composição corporal do animal, o grau de gordura no tecido adiposo, o sexo, a idade do animal, o estado fisiológico, o manejo, a dieta e fatores ambientais.

Sabe-se que entre os fatores ambientais a temperatura ambiente tem efeito na ingestão de matéria seca (IMS), nas funções digestivas e no estresse térmico. Em situações experimentais observa-se que a IMS aumenta quando a temperatura ambiente está abaixo da zona termoneutralidade do animal e reduz quando a temperatura ambiente se eleva (NRC, 1987). Ames e Ray (1983) e Ahlberg et al. (2018) explicam que bovinos que passaram por estresse térmico tendem a reduzir a

ingestão de matéria seca e a um aumento não linear no requerimento energético de manutenção, levando a redução de desempenho.

1.3 Referências Bibliográficas

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. Beef Report: perfil da pecuária no brasil 2022. [S.l.]: Brazilian Beef, 2022.

AHLBERG, Cashley M et al. Test duration for water intake, ADG, and DMI in beef cattle1. *Journal Of Animal Science*, [s.l.], p.3043-3054, 22 maio 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jas/sky209>.

AMES, D. R. ; RAY, D. E. Environmental Manipulation to Improve Animal Productivity, **Journal of Animal Science**, Volume 57, Issue suppl_2, July 1983, Pages 209–220, https://doi.org/10.2527/animalsci1983.57Supplement_2209x.

ARIAS, R. A.; MADER, T. L Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. **J. Anim. Sci.** v. 89, p. 245–251, 2011.

ASBIA: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/home/>>. Data de acesso: 27/01/2019.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais**: conforto animal. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 269 p.2010.

BIAVATTI, H. A. Z., BERBER, G. C. M., & BERBER, R. C. A. (2014). Milk Production in Integrated Systems: Review. *Scientific Electronic Archives*, 7(2), 1–16. <https://doi.org/10.36560/722014154>.

BREW, M. N. et al. Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. **Livestock Science**, v. 140, n. 1-3, p. 297-300, 2011.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Physiological responses of feedlot heifers provided access to different levels of shade. **Animal**, [s.l.], v. 11, n. 08, p.1344-1353, 23 dez. 2017. Cambridge University Press (CUP).

BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, e20160414, 2018. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982018000100205&lng=en&nrm=iso>. Access on: 27 Jan. 2019. Epub Nov 29, 2018.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A. Benefits of providing shade to feedlot cattle of diferente breeds. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**.v.56, n.4., p.1563-1570. 2013. ISSN 2151-003.

BROWN-BRANDL, T.m. et al. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. **Livestock Science**, [s.l.], v. 105, n. 1-3, p.19-26, dez. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.012>.

CARDOSO, C.C. et al. Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. **Livestock Science**, [s.l.], v. 182, p.83-92, dez. 2015. Elsevier BV.

CHICHESTER, L.M; MADER, T. L.. Heat stress- What you should Know to make Livestock Shoes a sucess. Univ of Nebraska-Licon. NebGuide G2121. 2012. Disponível em: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g2121.pdf>. Acesso em:28 jan. 2019.

COLLIER, Robert J et al. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. **Animal Frontiers**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.12-19, 29 out. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/af/vfy031>.

DAVIS, M.S; MADER, T.L.; HOLT, S.M.; PARKHURST, A.M.; Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. **Journal Animal Science**, v.81, p.649-661, 2003.

DIKMEN, S.; HANSEN, P.J.. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 92, n. 1, p.109-116, jan. 2009. American Dairy Science Association.

EDWARDS - CALLAWAY, L. N. et al. Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. **Journal of Animal Science**, v.99, n.2, p.1-21, 2021. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa375>.

EIGENBERG, R. A.; BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J. A.. Shade material evaluation using a cattle response model and meteorological instrumentation. **International Journal of Biometeorology**, [s.l.], v. 54, n. 6, p.601-607, nov. 2010. Springer Nature.

FAO and GDP. 2018. Climate change and the global dairy cattle sector – The role of the dairy sector in a low-carbon future. Rome. 36 pp. Licence: CC BY-NC-SA- 3.0 IGOv.

FIALHO, A.L.L. et al . Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 70, n. 1, p. 64-72, Jan. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO e ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. (Ed.). Opportunities for economic growth and job creation in relation to food security and nutrition. [s.l.]: FAO, 2014. 31 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-bt682e.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. World Livestock 2011- Livestock in food security. Rome, FAO, p.115, 2011.

FUQUAY, J. W. Heat Stress as it Affects Animal Production. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 52, n. 1, p.164-174, 1 jan. 1981. Oxford University Press (OUP).

GAUGHAN, J. B. et al. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers1. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 88, n. 12, p.4056-4067, 1 dez. 2010.

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

HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads.**Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 77, n. 2, p.10-20, 1999. Oxford University Press (OUP). http://dx.doi.org/10.2527/1997.77suppl_210x.

HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, [s.l.], v. 82-83, p.349-360, jul. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.

HUUSKONEN, A.; TUOMISTO, L.; KAUPPINEN, R.. Effect of drinking water temperature on water intake and performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 94, n. 5, p.2475-2480, maio 2011. American Dairy Science Association.

INDU, S.; PAREEK, A. A Review: Growth and Physiological Adaptability of Sheep to Heat Stress under Semi –Arid Environment. *International Journal of Emerging Trends In Science and Technology*, [s.l.], p.3188-3198, 18 set. 2015. Valley International.

MADER, T. L. Environmental stress in confined beef cattle, **Journal of Animal Science**, v. 81, Issue 14_suppl_2, 2003, p. E110-E119.

MADER, T. L. et al. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle1. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 80, n. 9, p.2373-2382, 1 set. 2002. Oxford University Press.

MADER, T. L.; GRIFFIN, D. Management of Cattle Exposed to Adverse Environmental Conditions. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, [s.l.], v. 31, n. 2, p.247-258, jul. 2015. Elsevier BV.

MANICA, E. Impacto das ondas de calor sobre a produção de leite e respostas termorregulatórias de vacas Holandesas. 2022. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022. doi:10.11606/T.74.2022.tde-31012023-150237.

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**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.173-181, 13 jun. 2016. Springer Nature.

MCDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. W.; CAMOENS, J. K. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 5, p. 965-971, 1976.

MEDEIROS, S. R.; 2014. **Como o boi funciona**: Terminação em pasto ou confinamento. Disponível em: <<http://sites.beefpoint.com.br/sergioraposo/2014/05/09/como-o-boi-funciona-terminacao-em-pasto-ou-confinamento>>. Acesso em: 27 de jan 2019.

MELTON, B. A. Impact of Shade in Beef Feedyards on Performance, Body Temperature, and Heat Stress Measures. *Nebraska Beef Cattle Report*, Lincoln, v. 1, n. 106, p.84-87, 2019.

MITLÖHNER, F.M. et al. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. **Journal Animal Science**, [s.l.], v.80, p. 2043-2050, 2002.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine - NRC 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Predicting feed intake of food producing animals*. Washington, D.C.: National Academy Press. p.85, 1987.

PATEL, A. K.. *Occupational Histories, Settlements, and Subsistence in Western India: What Bones and Genes can tell us about the Origins and Spread of Pastoralism*.

- Anthropozoologica, [s.l.], v. 44, n. 1, p.173-188, jul. 2009. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. <http://dx.doi.org/10.5252/az2009n1a8>.
- PIRES, B.V. et al. Differential expression of heat shock protein genes associated with heat stress in Nelore and Caracu beef cattle. **Livestock Science**, [s.l.], v. 230, p.103839-92, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103839>.
- PURWANTO, B. P.; HARADA, W.; YAMAMOTO, S. Effect of drinking-water temperature on heat balance and thermoregulatory responses in dairy heifers. **Aust. Journal Agric. Res.**, [s.l.], v 47, p 505-512, 1996.
- RABOBANK. Agricultural water. Rabobank industry note 534. Disponível em:<http://www.agriworldsa.com/article-archive/natural-resources/718344_Rabobank_IN534_Agricultural-Water_Crowd_er_Feb2016.pdf> Acesso em: 26 jan 2019.
- RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, [s.l.], v. 6, n. 05, p.707-728, 8 dez. 2011. Cambridge University Press (CUP).
- SAS Institute Inc., System for Microsoft Windows, Release 9.4, Cary, NC, USA, 2012.
- SEGUIN, B. The consequences of global warming for agriculture and food production. **Livestock and Global Climate Change**, p. 9, 2008.
- SEXSON, J.L.; WAGNER, J.J.; ENGLE, T. E.; EICKHOFF, J. Predicting water intake by yearling feedlot steers. **Journal Animal Science**, [s.l.], v.90, p.1920-1928, 2015.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, [s.l.], v. 64, p.1-18, fev. 2000.
- SILVA, R. G. da; MAIA, A. S. C. Heat Exchange Between Animals and Environment: Mammals and Birds. **Principles of Animal Biometeorology**, [s.l.], p.107-160, 13 out. 2013. Springer Netherlands.
- SILVA, R.G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000, 286p.
- SKINNER, J. D.; LOUW, G. N.. Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Applied Physiology**, [s.l.], v. 21, n. 6, p.1784-1790, nov. 1966.
- SORIANI, N.; PANELLA, G.; CALAMARI, L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 96, n. 8, p.5082-5094, ago. 2013. American Dairy Science Association.
- SULLIVAN, M. L.; CAWDELL-SMITH, A. J.; MADER, T. L.; GAUGHAN, J. B.. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle1. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 89, n. 9, p. 2911-2925, 1 set. 2011. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3152>.
- SUMMER, A. et al. Impact of heat stress on milk and meat production. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 39-46, 2019.
- THOM, E. C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, [s.l.], v. 12, n. 2, p.57-61, abr. 1959. Informa UK Limited.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 1998. p. 10-23.

TORRES-JÚNIOR, JR. de S. et al. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, [s.l.], v. 69, n. 2, p.155-166, jan. 2008. Elsevier BV.

UTSUNOMIYA, Y. T. et al. Genomic clues of the evolutionary history of *Bos indicus* cattle. **Animal Genetics**, [s.l.], v. 50, n. 6, p.557-568, 2 set. 2019. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1111/age.12836>.

VERDUGO, M. P. et al. Ancient cattle genomics, origins, and rapid turnover in the Fertile Crescent. **Science**, v. 365, n. 6449, p. 173-176, 2019.

WILLIAMS, L. R. et al. Drinking frequency effects on the performance of cattle: a systematic review. **Journal of Animal Physiology And Animal Nutrition**, [s.l.], v. 101, n. 6, p.1076-1092, 16 nov. 2016. Wiley.

WREFORD, A.; TOPP, C. FE. Impacts of climate change on livestock and possible adaptations: A case study of the United Kingdom. **Agricultural Systems**, v. 178, p. 102737, 2020.

YOUSEF, H. M. Studies on some environmental factors affecting production and reproduction in some farm animals. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt, 1985.

2. Capítulo 1 – Respostas ingestivas e fisiológicas relacionadas ao desempenho de bovinos da raça Nelore confinados com e sem sombra artificial

2.1 Introdução

O aumento da temperatura global e suas consequências são motivos de preocupação para diversos setores da economia, sobretudo para a pecuária, cujos sistemas produtivos estão sob influência direta das condições ambientais.

O animal acometido pelo estresse térmico pode ter seu desempenho comprometido, com redução na ingestão de matéria seca, no ganho de peso, na reprodução e prejuízo no bem-estar (CHANG-FUNG-MARTEL et al., 2021).

Outra questão a ser considerada é a individualidade dos animais. Segundo Brown-Brandl (2018) o nível de estresse térmico, representado por respostas fisiológicas, varia amplamente para cada indivíduo, ainda que os animais estejam submetidos as mesmas condições de ambiente e de manejo. Resultados obtidos por Cardoso et al. (2015) com animais em condições de desafio térmico corroboram com essa afirmação. Os autores avaliaram cinco raças de gado zebu incluindo o Nelore, e observaram que as respostas fisiológicas de temperatura retal e de frequência respiratória variaram entre os animais da própria raça.

Portanto, determinar o efeito do estresse térmico sobre o indivíduo e não sobre o lote em geral é de suma importância e, exige a avaliação de outras variáveis além das ambientais, devendo considerar diferentes genótipos, fenótipos e respostas fisiológicas indicativas de estresse conforme reportado por Gaughan et al. (2008).

Por meio de resultados proporcionados por avaliações entre genótipos, os animais da raça *Bos indicus* se destacaram pela capacidade de suportar altas temperaturas. Segundo Hansen (2004) efeitos térmicos em *Bos indicus* foram menos prejudiciais comparados aos *Bos taurus* em razão de atributos relacionados às características morfológicas e genéticas. Comparando animais *Bos indicus* da raça Nelore com animais oriundos de cruzamento (F1, Nelore x Angus), Moura et al. (2021) também comprovaram tal superioridade na adaptação dos *Bos indicus* entre as respostas bio-térmicas analisadas, observando maiores níveis de produção de calor, armazenamento de calor e evaporação cutânea em animais cruzados comparados aos *Bos indicus*.

Avaliando a tolerância ao calor de bovinos naturalizados no Brasil em termos de frequência respiratória, frequência cardíaca, temperatura retal e sudação, McManus et al. (2005) observaram que os animais da raça Nelore apresentaram as melhores respostas de resistência ao calor quando comparado aos da raça Junqueira, Pantaneira, Mocho Nacional e Holandesa. O grau em que animais podem se aclimatar às condições térmicas do ambiente refere-se à plasticidade térmica, que, por sua vez, pode ser afetada por fatores como a idade do animal, tamanho corporal, nível de produção e doenças (COLLIER et al., 2019). No entanto, ainda que a plasticidade térmica possibilite que o animal consiga se adequar às mudanças de temperatura no futuro, pouco se sabe a respeito da duração e frequência dos eventos térmicos em cada localidade. Segundo Perkins (2015), os impactos adversos causados pelos eventos térmicos serão impostos a curto prazo aos sistemas naturais. Para Thornton, Nelson, Mayberry e Herrero (2021), em 2050 alguns locais se tornarão demasiado quentes e úmidos indicando dificuldades para que os animais prosperem sem uma adaptação considerável.

Neste sentido, alternativas como a sombra artificial, ventiladores e aspersores foram inicialmente implantadas nos sistemas de produção de gado de leite e, após a obtenção de resultados positivos, foram aplicadas na produção de bovinos em busca de benefícios a longo prazo.

Alguns estudos demonstraram que o uso da sombra artificial para bovinos de corte foi positivo para o desempenho dos animais (MITLÖHNER et al., 2001; MITLÖHNER; GALYEAN; MCGLONE, 2002; VALADEZ-NORIEGA et al., 2019), sendo tais estudos, na maioria, realizados com *Bos taurus*. Para Edwards-Callaway et al. (2021) o benefício da sombra está na capacidade de reduzir a carga de calor e amenizar as respostas animal resultantes do impacto pelo estresse térmico, tais como a taxa respiratória, a ofegação e a temperatura corporal.

Além disso, com o desenvolvimento tecnológico, dados de consumo alimentar e hídrico podem ser monitorados por meio de sistemas de identificação por radiofrequência (MENDES et al., 2011; CHIZZOTTI et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2018), possibilitando a avaliação dessas medidas em tempo real. Essa correspondência de informações quantitativas em tempo real permite a identificação das flutuações no consumo, agregando informações sobre o impacto do ambiente térmico no desempenho e bem-estar dos animais; e gera conhecimento para melhoria dos sistemas produtivos sob o aspecto da sustentabilidade da produção animal.

Os potenciais impactos de ondas de calor, usualmente calculados a partir de índices de estresse térmico, como o Índice de Temperatura e Umidade (HAHN et al., 2009), também são caracterizados por índices climáticos e calculados por meio de percentis da temperatura ambiente (WMO, 2018). Assim, uma possível motivação para utilizar esta última abordagem, seria a sua maior capacidade comunicativa com as outras áreas do conhecimento na atualidade; o que contribui para fornecer informações relevantes e acessíveis para tomadores de decisão e partes interessadas (STAMMER et al., 2018). Segundo a WMO (2018) os índices climáticos são amplamente empregados para determinar características do clima, realizar previsão e detecção das alterações climáticas. Além disso, eles podem aplicar-se a estações meteorológica individuais ou descrever algum aspecto do clima de uma área. Contudo, na ciência animal ainda são poucos os trabalhos com essa abordagem climática, a exemplo disso, os estudos de Vitali et al. (2015) e Morignat et al. (2018) utilizaram-na para avaliar índices de mortalidade de bovinos durante a ocorrência de ondas de calor.

Adicionalmente, entre 2022 e 2026 a temperatura média global próxima a superfície está prevista entre 1,1°C e 1,7°C acima dos níveis pré-industriais (WMO, 2022), e isso pode causar um impacto negativo sobre os sistemas produtivos seja sobre o desempenho ou bem-estar dos animais (IPCC, 2018). Portanto, a suscetibilidade dos animais em relação às mudanças climáticas, bem como ao ambiente térmico devem ser acompanhadas com precisão.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da sombra artificial sobre respostas de desempenho, fisiológicas e comportamentais de bovinos Nelore confinados, considerando abordagens climáticas a respeito de dias quentes e ondas de calor.

2.2 Material e Métodos

Todos os procedimentos adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP (CEUA/FZEA), a qual certificou o uso dos animais de acordo com o protocolo N. 5011140119.

2.2.1 Local e alojamentos

Área experimental e experimento

O presente estudo foi realizado durante 76 dias, entre os meses de setembro e novembro de 2019, na unidade de pesquisa da Embrapa Pecuária Sudeste localizada no município de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil (21° 57' 42" S, 47° 50' 28" W, 860 m). O clima desta região tropical segundo Köppen é o Cwa (KOTTEK et al., 2006), com médias anuais (1991-2020) de 27,34 °C de temperatura máxima, 16,14 °C de temperatura mínima e 67,23 % de umidade relativa (INMET, 2022). Foram utilizados 47 bovinos (*Bos indicus*) machos, não castrados, da raça Nelore, com peso médio inicial de 450 ± 16,3 kg e 23 meses de idade. Os animais foram divididos em 4 baias idênticas em área e divididos em dois tratamentos experimentais: confinamento sem sombra (Tratamento sol) e confinamento com sombra artificial (Tratamento sombra). Cada tratamento foi composto por duas repetições (2 baias). Cada baia contava com uma área de 400 m² e uma estrutura constituída de piso de terra. Três baias foram ocupadas com 12 animais e uma baia do tratamento sem sombra recebeu a lotação de 11 animais, totalizando uma área disponível de 33,33 e 36,36 m² animal⁻¹, respectivamente. Duas das quatro baias receberam estruturas de sombreamento artificial para o fornecimento de 6 m² de sombra por animal.

O sombreamento artificial

Considerando o momento de maior incidência de radiação solar no dia, a área total de sombreada foi de 72 m², equivalente a 18% da área total disponível para os animais. O maior comprimento da estrutura (9 m x 8 m) foi construído no sentido Leste-Oeste. O sombreamento utilizou material constituído de malha metalizada com taxa de sombreamento de 80 % (AluminetTM O 80). A sombra foi montada perpendicularmente em relação a sua base de 3 m de altura. A malha foi fixada horizontalmente sobre dois fios de arame dispostos nas extremidades opostas da estrutura de sombra, utilizando agulha plástica própria para a fixação do material. Para manter a malha esticada, na parte interna da estrutura foram colocados sete fios de arame paralelos aqueles das extremidades. Os fios que deram suporte a malha atravessaram caibros de madeira e foram presos com catracas de cerca. Para

sustentar a estrutura, nas laterais foram colocados três mourões de eucalipto de 20 cm de diâmetro, com distância de quatro metros entre eles (Figura 1).

Figura 1 – Estrutura de sombreamento artificial construída para o confinamento de bovinos Nelore



Fonte: autoria própria.

Previamente ao experimento o software SketchUp™ foi utilizado para fazer a modelagem 3D da estrutura e simular o deslocamento da sombra ao longo dos meses, a partir das coordenadas de geolocalização da área de estudo. De modo que o seu emprego foi utilizado como um processo de verificação, para garantir que a projeção da sombra não fosse capaz de atingir a área do tratamento sem sombra. Portanto, sem o intuito de quantificar o deslocamento da projeção da sombra para usar como objeto de estudo.

Estrutura do confinamento e a mensuração dos consumos

Durante o experimento os animais tiveram acesso *ad libitum* a alimentação e água. A dieta de alto grão foi composta por bagaço de cana-de-açúcar, milho em grão moído, farelo de soja e suplemento mineral e vitamínico (Tabela 1). A mesma dieta foi fornecida a todos os animais ao longo do confinamento. A reposição do alimento foi efetuada quatro vezes ao dia, às 7, 11, 14 e 16 horas.

Cada baía foi composta por um bebedouro (Intergado™) e dois cochos (GrowSafe™). Cada animal recebeu uma etiqueta eletrônica em cada orelha para possibilitar a identificação nos equipamentos e possibilitar a mensuração individual dos consumos (Figura 2).

Tabela 1 – Ingredientes e composição nutricional da dieta de alto concentrado do período experimental

Ingredientes, % de MS^a	Inclusão	
Bagaço de cana-de-açúcar (%)	14,44	
Milho (%)	73,86	
Farelo de soja (%)	5,78	
Cloreto de potássio (%)	0,77	
Núcleo ^b (%)	1,44	
Ureia (%)	1,31	
Calcário (%)	0,96	
Sulfato de amônio (%)	0,14	
Bicarbonato de Sódio (%)	1,28	
Conteúdo nutricional, na MS%	Média	DP
Matéria Seca (%)	84,01	3,24
Proteína Bruta (%)	16,61	2,44
Fibra em Detergente Neutro (%)	24,24	2,88
Fibra em Detergente Ácido (%)	13,32	3,04
FDA repetição (%)	11,93	2,55
Matéria Mineral (%)	6,36	0,52
Extrato Etéreo (%)	2,52	0,56
Lignina (%)	2,02	0,56
Digestibilidade In Vitro (%)	78,85	3,78
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (%)	0,28	0,04
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (%)	0,24	0,02

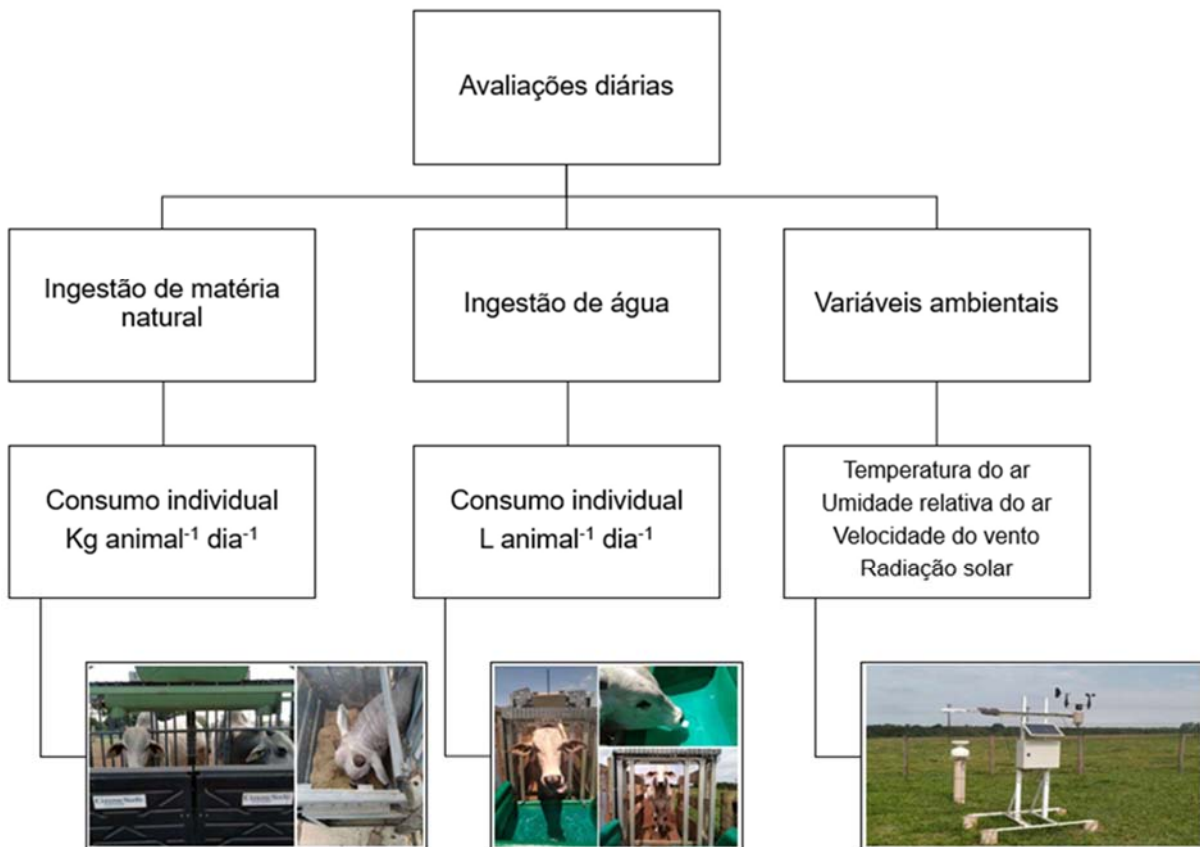
^a MS, Matéria Seca de treze amostras de dietas. Intervalo de amostragem de acordo com a reposição de volumoso.

^b Os níveis de garantia do suplemento mineral e vitamínico (Núcleo Corte MD, da Minerthal, São Paulo, Brasil) foram os seguintes: Ca, 230g/kg de MS; Co, 30mg/kg de MS; Cu, 1000mg/kg de MS; Cr, 20mg/kg de MS; S, 60g/kg de MS; F, 200mg/kg de MS; P, 20g/kg de MS; I, 34mg/kg de MS; Mg, 20g/kg de MS; Mn, 1340mg/kg de MS; Se, 10mg/Kg de MS; Na, 100g/kg de MS; Zn, 2660mg/kg de MS, Vitamina A 190000 UI; Monensina sódica 1670mg. A virginiamicina (V-Max® 2, da Phibro Animal Health Corporation, Guarulhos, São Paulo, Brasil) foi adicionado na quantidade de 24,6mg/Kg de MS.

O sistema de alimentação GrowSafe™ segundo Mendes et al. (2011) é constituído por cochos eletrônicos equipados com leitor eletrônico com antena para detectar a presença animal, e mede continuamente o consumo, por meio das células de carga instaladas no cocho que calcula a diferença do alimento que estava no cocho e do alimento que foi consumido. O sistema de monitoramento Intergado™ segundo Oliveira Junior et al. (2018), identifica o animal pela antena de radio frequência embutida no equipamento e mede o consumo de água por meio de uma balança

acoplada ao bebedouro pela diferença entre o peso da água no início e no fim de cada visita. Assim, por meio da mensuração individual foi possível apresentar as médias de consumo por período de confinamento, diária e por turnos.

Figura 2 – Avaliações diárias durante o período experimental.



Fonte: autoria própria.

2.2.2 Características avaliadas

Desempenho

No início e no final do confinamento os animais foram pesados após 16 horas de jejum alimentar e hídrico. As pesagens intermediárias foram realizadas sem jejum em manejos com intervalos de 21 dias.

Ao final do confinamento os animais foram abatidos no abatedouro do Campus USP Fernando Costa. Os abates foram programados de acordo com a carga máxima diária do abatedouro. Portanto, ocorreram três abates com 16 animais em cada (8 animais de cada tratamento), nos quais foram avaliados o peso da carcaça quente e o peso de carcaça fria após 24 h de resfriamento.

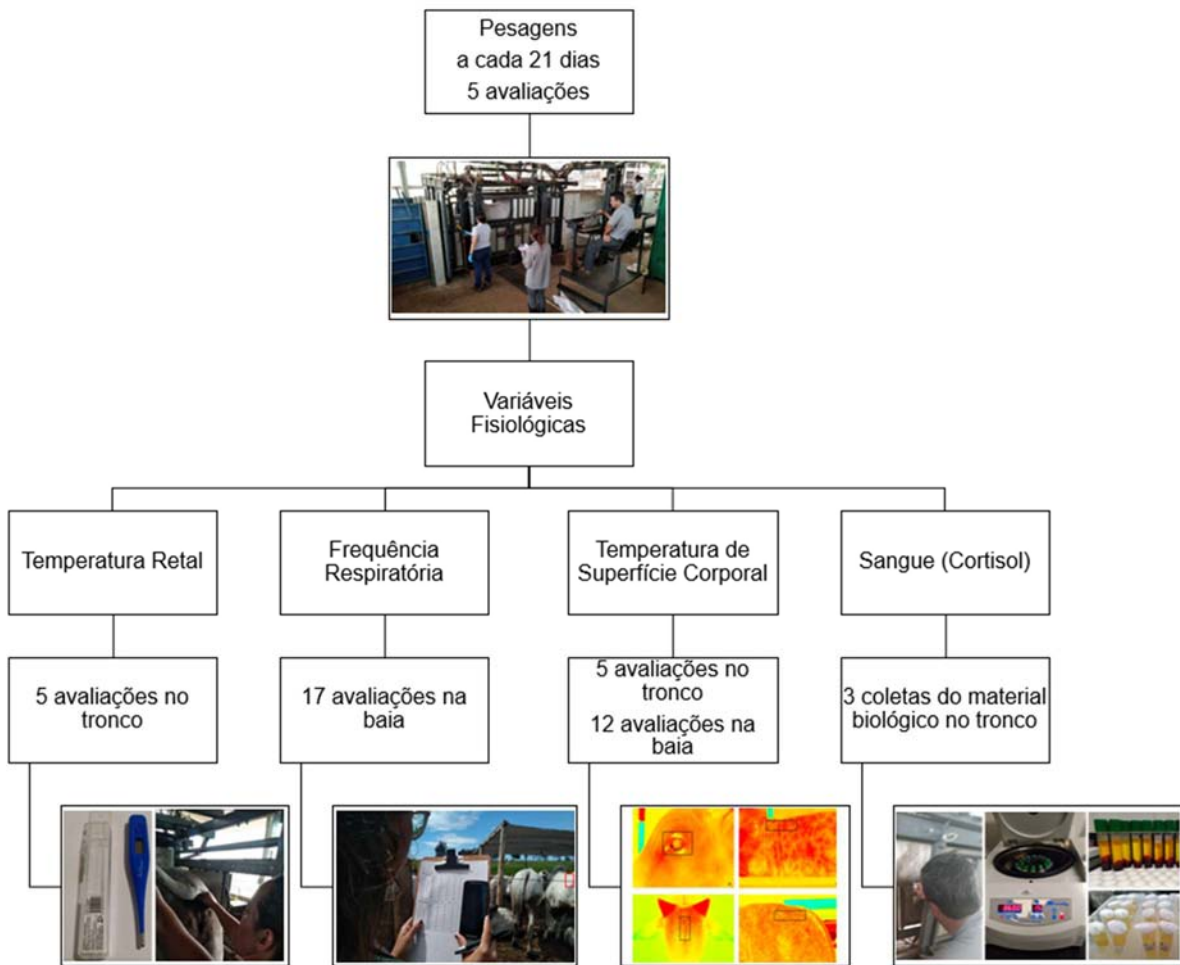
O desempenho dos animais foi mensurado pelo ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), peso vivo final (PVF), peso de carcaça (PCQ) e rendimento de carcaça (RC).

As medidas foram obtidas para cada animal. O GMD foi calculado pela diferença entre as pesagens realizada a cada 21 dias, a CA foi calculada pela divisão entre a média individual de IMS e o respectivo GMD e o RC foi determinado pela razão entre PCQ e PVF.

2.2.3 Características fisiológicas

A mensuração da frequência respiratória (FR) foi realizada a partir da cronometragem de 10 movimentos do flanco, seguida da conversão de número para movimentos por minuto conforme descrito por Brown-Brandl et al. (2016). Levando em consideração a maior incidência de radiação solar no período da tarde, a avaliação da FR foi realizada uma vez por dia no horário das 12 às 13 horas com os animais na própria baia. Na sequência de horário, das 13 às 16 horas, foram realizadas as imagens de termografia de infravermelho, as coletas de sangue e as avaliações da temperatura retal (Figura 3). Para a realização das imagens de termografia de infravermelho no curral, os animais foram contidos no tronco hidráulico de parede móvel sob uma área coberta e, para a realização nas baias, os animais ficaram livres em suas próprias baias independente da sua localização no espaço físico. A coleta de sangue e a avaliação da temperatura retal foram ambas realizadas com os animais contidos no tronco hidráulico de parede móvel no curral, sob área coberta. Durante os dias de avaliação foi adotado um esquema de rodízio para alternar a sequência das baias avaliadas, de modo a evitar o efeito de horário relacionado as temperaturas mais quentes do dia.

Figura 3 – Avaliações realizadas nos bovinos Nelore ao longo do período experimental



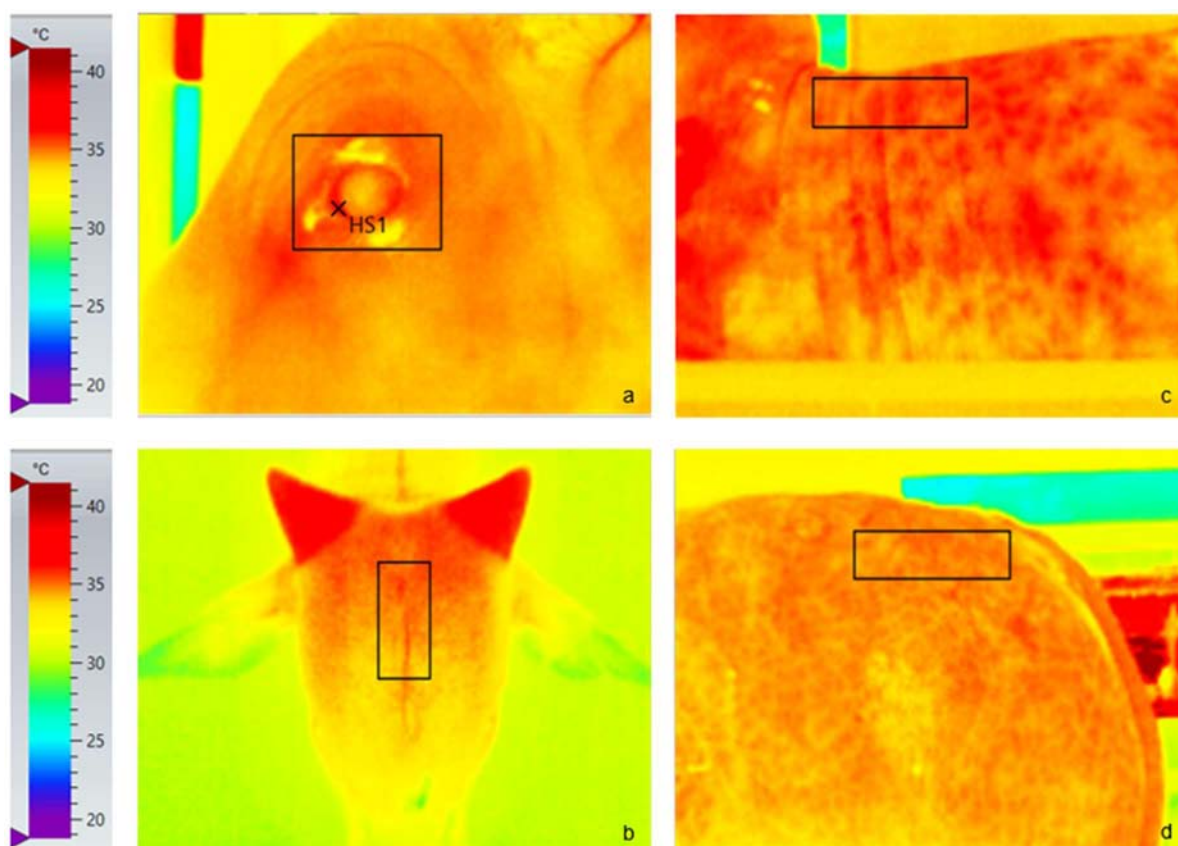
Fonte: autoria própria.

A temperatura retal (TR) foi avaliada manualmente com um termômetro clínico digital (TS -101, Tech Line®, acurácia $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$) inserido no reto dos animais.

Os dados de termografia de infravermelho (TIV) foram avaliados utilizando uma câmera de infravermelho (Testo 875-2, 160x120 Pixels), configurada com o padrão de emissividade de 0,98. As imagens foram retiradas de quatro regiões de interesse localizadas no corpo do animal: globo ocular (olho), frente, costado (costela) e garupa (Figura 4).

Conforme preconizado por Martello et al. (2016) as imagens foram capturadas com aproximadamente um metro de distância de cada região do corpo. A geração e interpretação das imagens de TIV foram realizadas utilizando o software testo IIRSoft Versão 4.5. A variável definida neste estudo foi a temperatura média da superfície específica de cada local do corpo. Para a área dos olhos, a temperatura máxima dentro dessa região foi definida como variável de análise.

Figura 4 – Imagens da termografia de infravermelho registrada nos bovinos da raça Nelore em confinamento.



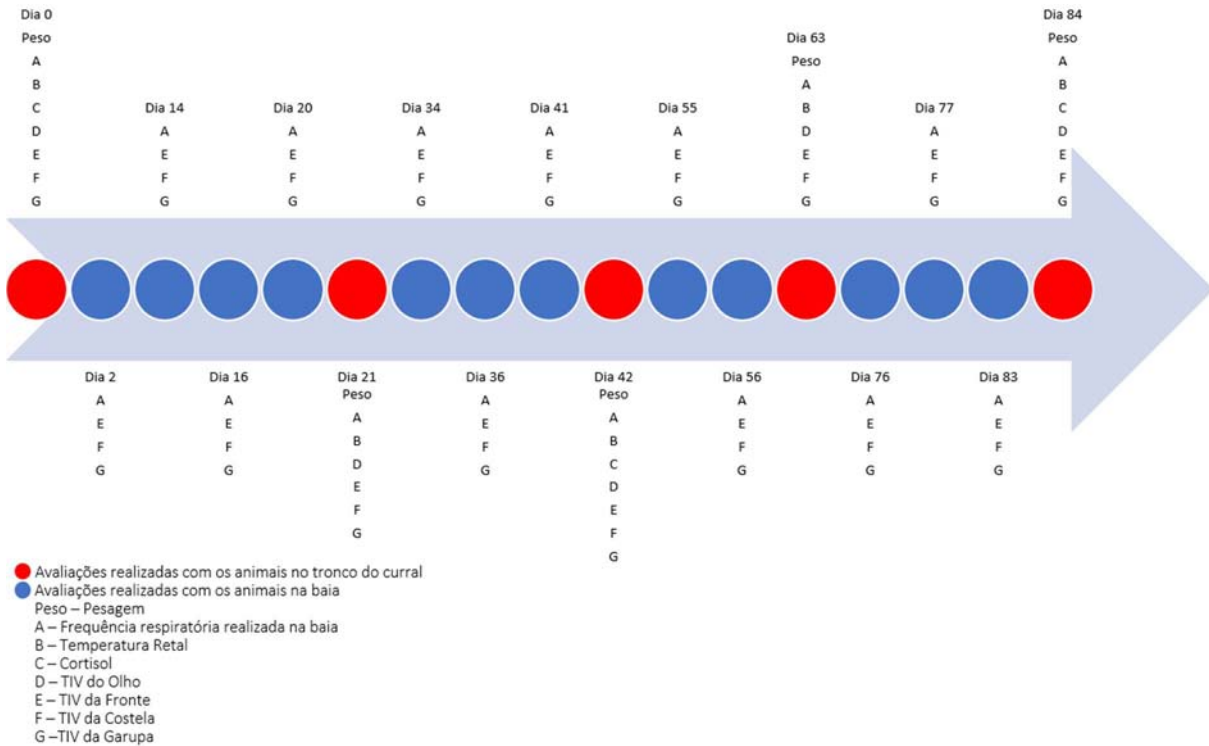
Legenda: regiões de interesse das áreas de avaliação da temperatura: a - globo ocular; b - fronte; c - costado e d - garupa. Fonte: autoria própria.

Para a avaliação do cortisol sanguíneo as amostras de sangue (9 ml) foram coletadas por meio da punção da veia mamária e armazenadas em tubos tipo vacutainer heparinizados. Posteriormente o material foi centrifugado a 3.600 rpm durante 15 min para obtenção do soro, e armazenados a -20 °C. A concentração de cortisol foi determinada utilizando o conjunto clínico de imunoensaio enzimático (ELISA, AccuBind®) de acordo com as instruções indicadas pelo fabricante. A variação intra ensaio e inter ensaio de cortisol foi avaliada por meio de três diferentes coletas do material biológico, as quais foram efetuadas no início do período de engorda dos animais (durante a pré-exposição ao tratamento), no médio período de engorda (durante a exposição ao tratamento) e ao fim do período de engorda (durante a exposição ao tratamento).

Ao todo durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2019 foram realizados 17 dias de avaliações de FR e das imagens termográficas da fronte, costela e garupa, dos quais, 5 dias incluíram as avaliações de TR e das imagens

termográficas do olho e 3 dias incluíram a coleta de sangue para avaliação de cortisol (Figura 5).

Figura 5 – Linha do tempo com as avaliações realizadas nos bovinos Nelore em confinamento durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2019



Legenda: as avaliações realizadas nos dias experimentais conforme a indicação das letras. Fonte: autoria própria.

2.2.4 Características ambientais

Dados ambientais

A caracterização das condições do ambiente foi realizada de acordo com os dados obtidos pela estação automática da Embrapa Pecuária Sudeste (21° 57' 42" S; 47° 50' 28" W, 860 m de elevação) e pelo piranômetro (modelo CN4R, Campbell Scientific). Foram avaliados os dados médios diários de temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar. A distância entre a estação e o confinamento é de 52 m.

Eventos térmicos

Entre os dias 16 de setembro até 30 de novembro de 2019, quando todos os animais já haviam se adaptado aos equipamentos do confinamento e estavam apresentando consumo regular, os dias foram classificados de acordo com índices climáticos da organização mundial de meteorologia (OWM) em “dia quente” (*heat day*), “onda de calor” (*heat wave*) e “dia neutro”. Esta última nomenclatura foi utilizada para descrever a ausência de evento térmico como onda de calor e dias quentes.

As ondas de calor foram definidas como sendo um período de pelo menos 3 dias consecutivos quando a temperatura máxima e mínima diária excedeu o percentil 90 prescrito a partir da distribuição de referência dos dados de temperatura obtidos da estação meteorológica.

O valor do percentil foi calculado a partir de uma janela móvel de 15 dias centrada em cada dia do calendário em questão (dias experimentais) e a determinação do alcance do limite do percentil foi realizado de forma empírica por observação sobre a série de dados de temperatura, comparando o percentil calculado com dado diário de temperatura do ar (registrada pela estação meteorológica).

A determinação dos eventos térmicos foi baseada nos índices de mudança climática da equipe de peritos em detecção de alterações climáticas e índice - ETCCDI (2020).

Conforme demonstrado na Tabela 2, para a identificação dos eventos térmicos foi utilizado o percentil 90 levando em conta um ciclo sazonal, o qual foi definido de acordo com Perkins e Alexander (2013).

Tabela 2 – Índices climáticos utilizados para a determinação dos eventos térmicos

Índice	Definição*
Dia quente	temperatura máxima do dia > percentil TX90.
Dia quente	temperatura mínima do dia > percentil TN90.
Onda de calor	3 dias consecutivos com temperatura máxima e mínimas do dia > percentil TX90 e TN90.

*TX90 refere-se ao percentil 90 da temperatura máxima; TN90 refere-se ao percentil 90 da temperatura mínima. Fonte: criação inspirada na tabela de 27 índices climáticos elaborada por WMO e ETCCDI (2020).

2.2.5 Metodologia Estatística

Estatística – dados de desempenho.

Para os dados das variáveis peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), conversão alimentar (CA) e ganho de peso médio diário (GMD) foi adotado o teste t de student pelo Proc TTEST do SAS (SAS, 2016) na comparação dos valores médios dos dois grupos de tratamentos (Sol e Sombra), independentes e normalmente distribuídos.

Os dados de consumo de matéria seca (IMS, kg animal⁻¹ dia⁻¹) e consumo de água (IH₂O, L animal⁻¹ dia⁻¹) foram submetidos a uma análise de variância pelo procedimento Proc Mixed do SAS (SAS, 2016), considerando no modelo os efeitos de Tratamento (T_{i=1}: Sol e T_{i=2}: Sombra); Dia (D_k: k=12 a 87) e a interação Tratamento (T_i) e Dia (D_k) seguindo um experimento como uma estrutura de “*split-plot*” com medidas repetidas no tempo. Na seleção da melhor estrutura da matriz de covariância usou-se o critério de AIC (Smaller is Better - Akaike's Information Criterion). As comparações de medias foram realizadas pelo teste de Tukey (adjust Tukey), com nível de significância de p≤5%, exceto para IH₂O, onde foi adotado p≤10%.

O modelo estatístico para as variáveis estudadas é dado pela equação (1):

$$y_{ijk} = \mu + T_i + \delta_{ij} + D_k + (T^*D)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

em que:

para $i=1$, $j=1$ a 23 animais; para $i=2$, $j=1$ a 24 animais e $k=12$ a 87.

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente no tratamento i , na unidade experimental ou animal j e no dia k .

T_i , D_k , $(T^*D)_{ik}$ = respectivamente, efeito fixo do tratamento i ; efeito fixo do dia k e efeito da interação do tratamento i com o dia k .

δ_{ij} = efeito aleatório da unidade experimental j no tratamento i .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no tratamento i , na unidade experimental j e no dia k , considerado o erro geral do modelo.

Estadística – consumo em turnos

Os dados de consumo de matéria seca e de consumo de água foram submetidos a uma análise de variância pelo procedimento Proc Mixed do SAS (SAS, 2016), considerando no modelo os efeitos de Tratamento ($T_{i=1}$: Sol e $T_{i=2}$: Sombra); Turno ($P_{k=1}$: Manhã, 06:00-11:59; $P_{k=2}$: Tarde, 12:00-17:59; $P_{k=3}$: Noite, 18:00-23:59 e $P_{k=4}$: Madrugada, 00:00-05:59) e a interação Tratamento (T_i) e Turno (P_k), seguindo um experimento como uma estrutura de “*split-plot*”, com medidas repetidas no tempo. Na seleção da melhor estrutura da matriz de covariância usou-se o critério de AIC (Smaller is Better - Akaike's Information Criterion). As comparações de medias foram realizadas pelo teste de Tukey (adjust Tukey), com nível de significância de $p \leq 5\%$,

O modelo estatístico para as variáveis estudadas é dado pela equação (2):

$$y_{ijk} = \mu + T_i + \delta_{ij} + P_k + (T^*P)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

em que:

para $i=1$, $j=1$ a 23 animais; para $i=2$, $j=1$ a 24 animais e $k=1,2,3$ e 4.

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente no tratamento i , na unidade experimental ou animal j e no turno k .

T_i , P_k , $(T^*P)_{ik}$ = respectivamente, efeito fixo do tratamento i ; efeito fixo do turno k e efeito da interação do tratamento i com o turno k .

δ_{ij} = efeito aleatório da unidade experimental j no tratamento i .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no tratamento i , na unidade experimental j e no turno k , considerado o erro geral do modelo.

Para os dados de visita no comedouro ou bebedouro geraram-se tabelas de frequência seguida do teste de qui-quadrado ($p \leq 5\%$) para verificar se o comportamento no tratamento (sol e sombra) independe do Turno.

Estadística - dados fisiológicos

Os dados fisiológicos de temperatura retal (TR), concentração de cortisol (Cortisol), frequência respiratória (FR), temperatura máxima do olho (TIVolhomax),

temperatura média da frente (TIVFRONmed) e temperatura média da costela (TIVCOSmed) e temperatura média da garupa (TIVGARUPmed) foram submetidos a uma análise de variância pelo Procedimento Mixed do SAS (SAS, 2016), considerando no modelo os efeitos de Tratamento ($T_{i=1}$: Sol e $T_{i=2}$: Sombra); Dia (D_k : $k=0, 2, 14, 16, \dots, 84$) e a interação Tratamento (T_i) e Dia (D_k), seguindo um experimento com uma estrutura de “split-plot” com medidas repetidas no tempo. Na seleção da melhor estrutura da matriz de variância e covariância adotou-se o critério de informação AIC (Smaller is Better - Akaike's Information Criterion). Para comparação múltipla de médias usou-se teste de Tukey (adjust Tukey), ao nível de significância de $p \leq 5\%$.

O modelo estatístico para as variáveis estudadas é dado pela equação (3):

$$y_{ijk} = \mu + T_i + \delta_{ij} + D_k + (T^*D)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

em que:

para $i=1, j=1$ a 23 animais; para $i=2, j=1$ a 24 animais e $k=0, 2, 14, 16, \dots, 84$.

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente no tratamento i , na unidade experimental ou animal j e no dia k .

$T_i, D_k, (T^*D)_{ik}$ = respectivamente, efeito fixo do tratamento i ; efeito fixo do dia k e efeito da interação do tratamento i com o dia k .

δ_{ij} = efeito aleatório da unidade experimental j no tratamento i .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no tratamento i , na unidade experimental j e no dia k , considerado o erro geral do modelo.

Dependendo da variável observada o intervalo de dias foi variável sendo que o cortisol foi realizado nos dias experimentais 0, 42 e 84. A Frequência Respiratória foi realizada nos dias 0, 2, 14, 16, 20, 21, 34, 36, 41, 42, 55, 56, 63, 76, 77, 83 e 84. A Temperatura retal e a TIV máxima do olho foram realizadas nos dias 0, 21, 42, 63 e 84. A TIV da frente, costela, garupa foram realizadas nos dias 0, 2, 14, 16, 20, 21, 34, 36, 41, 42, 55, 56, 63, 76, 77, 83 e 84.

Estatística - componentes principais

Os dados das variáveis fisiológicas (ingestão de matéria seca, ingestão de água, frequência respiratória, TIV da fronte, TIV da costela e TIV da garupa) e ambientais (temperatura ambiente média, máxima e mínima, umidade relativa média, velocidade do vento média e radiação solar acumulada), para os tratamentos Sol e Sombra foram submetidos, preliminarmente, a uma análise exploratória, através estatística descritiva (média, erro padrão, mínimo e máximo), correlações e os gráficos de linha, de dispersão, radar e barras.

O test t de Student, para duas médias, foi aplicado para verificar a diferença nos parâmetros fisiológicos e ambientais nos animais submetidos, ao tratamento Sol ou Sombra. Esta análise foi realizada usando o procedimento PROC TTEST do SAS (SAS, 2012) ao nível de significância de $p \leq 5\%$.

Aplicou-se a técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) para estudar as relações intra e entre as variáveis fisiológicas e ambientais. Nesta etapa foram realizadas duas ACP's, uma considerando a matriz de dados do tratamento Sol e a outra sobre os dados de Sombra, ambas correspondendo aos mesmos dias avaliação (n = 15 dias). Esta análise foi realizada com software o STATISTICA (Statística, 2020).

2.3 Resultados e Discussão

Os resultados deste capítulo estão apresentados da seguinte forma: na primeira etapa do estudo foram analisados os efeitos de tratamento (sol e sombra) e interações sobre os dados ingestivos e fisiológicos; na segunda etapa, analisou-se o comportamento ingestivo (alimento e água) e o número de visitas (ao cocho e bebedouro) em função de turnos; na terceira etapa foi realizada uma análise simultânea entre as respostas fisiológicas e ambientais para avaliar a similaridade entre os tratamentos por meio de componentes principais; e, na quarta e última etapa, avaliou-se o desempenho médio obtido pelos dos animais em cada tratamento.

Primeira etapa

De acordo com a Tabela 3 a temperatura do ar máxima e mínima durante o experimento foi de 35,50 °C e 9,80 °C, respectivamente. Ao longo dos dias a umidade do ar variou entre 99,80 e 13,40 %. A velocidade máxima do vento registrada foi de 17,30 m.s⁻¹, com média de 2,73 m.s⁻¹. A umidade relativa média foi de 68,38 %, com máxima de 99,40 % e mínima de 25,80 %. A precipitação foi em média de 2,87 mm, atingindo o máximo de 49,40 mm no período chuvoso. O valor acumulado da radiação solar diária variou entre 1,99 e 30,33 MJ.m⁻² e a temperatura média do solo foi 39,40 °C ao sol e 28,70 °C sob sombra.

Tabela 3 – Variáveis ambientais de caracterização e avaliação dos eventos térmicos (01/08/2019 até 10/12/2019)

Variáveis ambientais	Média	Máxima	Mínima
Temperatura do ar média, °C	22,14	30,30	10,50
Temperatura do ar máxima, °C	28,93	35,50	11,50
Temperatura do ar mínima, °C	16,83	25,70	9,80
Umidade relativa média, %	68,38	99,40	25,80
Umidade relativa máxima, %	88,99	99,80	34,90
Umidade relativa mínima, %	42,49	95,80	13,40
Radiação, MJ.m ⁻²	19,93	30,33	1,99
Velocidade do vento média, m.s ⁻¹	2,73	6,50	0,80
Velocidade do vento máxima, m.s ⁻¹	8,74	17,30	3,80
Precipitação, mm	2,87	49,40	0

Legenda: acumulados diários. Fonte: estação meteorológica da Embrapa Pecuária Sudeste.

Respostas fisiológicas e eventos térmicos

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, foi possível observar menores médias obtidas nos animais submetidos ao tratamento com sombra para os parâmetros de ingestão de hídrica ($P < 0,10$), frequência respiratória ($P < 0,05$), e temperatura da superfície corporal da frente, costela e garupa ($P < 0,05$) dos animais durante o confinamento.

Além disso, conforme indicado pela interação entre tratamento e dia, o uso da sombra apresentou efeito pontual inerente ao dia de avaliação para a ingestão de matéria seca ($P < 0,05$) e concentração de cortisol ($P < 0,05$). Sendo este efeito

também observado nos parâmetros de ingestão hídrica, frequência respiratória e das temperaturas de superfície corporal da frente, costela e garupa. Cujos desdobramentos foram analisados a seguir, em função dos dias experimentais e eventos térmicos identificados.

As médias de temperatura retal e de temperatura do olho não foram influenciadas pelo tratamento ($P = 0,5621$ e $P = 0,7043$, respectivamente), e, também não houve interação entre tratamento e dia.

Tabela 4 – Médias, desvio padrão e análise de variância das variáveis fisiológicas dos tratamentos sol e sombra

Variáveis	Tratamento		P - valor		
	Sol	Sombra	Trat	Dia	Trat*Dia
IMS, kg.animal⁻¹.dia⁻¹	10,55±0,08	10,45±0,07	0,3802	<0,0001	0,0001
IH₂O, L.animal⁻¹.dia⁻¹**	40,63±1,42	37,31±1,39	0,1017	<0,0001	<0,0001
Cortisol, ng.mL⁻¹	24,65±1,46	21,19±1,42	0,0959	<0,0001	0,0021
TR, °C	39,42±0,05	39,45±0,04	0,5621	<0,0001	0,2807
FR, Mov.min⁻¹	41,20±1,03	37,07±1,01	0,0063	<0,0001	<0,0001
TIV Olho máxima, °C	36,90±0,08	36,94±0,08	0,7043	<0,0001	0,1738
TIV Frente média, °C	35,29±0,17	34,45±0,16	0,0008	<0,0001	<0,0001
TIV Costela média, °C	34,54±0,11	33,73±0,11	<0,0001	<0,0001	<0,0001
TIV Garupa média, °C	34,49±0,11	33,90±0,11	0,0003	<0,0001	<0,0001

Legenda: IMS – ingestão de matéria seca; IH₂O – ingestão de água; Cortisol – concentração de cortisol; TR – temperatura retal; FR – frequência respiratória; TIV – termografia de infravermelho do olho, frente, costela e garupa. Médias são significativamente diferentes para * $P < 0,05$ e ** $P < 0,10$. Fonte: autoria própria.

Ao longo dos dias experimentais (setembro-novembro) foram caracterizados 9 eventos climáticos, sendo uma onda de calor com duração de três dias, sendo dias 38, 39 e 40 e oito dias quentes, sendo os dias 14, 28, 60, 61, 80, 83, 84 e 87 (Figuras 2 e 3).

Durante a onda de calor não foi observada diferença da IMS entre os tratamentos, porém os animais dos dois tratamentos reduziram seu consumo comparados ao dia anterior à onda (dia 37). A maior queda de consumo aconteceu no segundo dia da onda de calor, quando a temperatura do ar registrou mínima de 21,9 °C e máxima de 34,3 °C, causando redução de 14,20 % e 19,32 % na IMS em

relação ao primeiro dia da onda para os animais do tratamento sol e sombra, respectivamente.

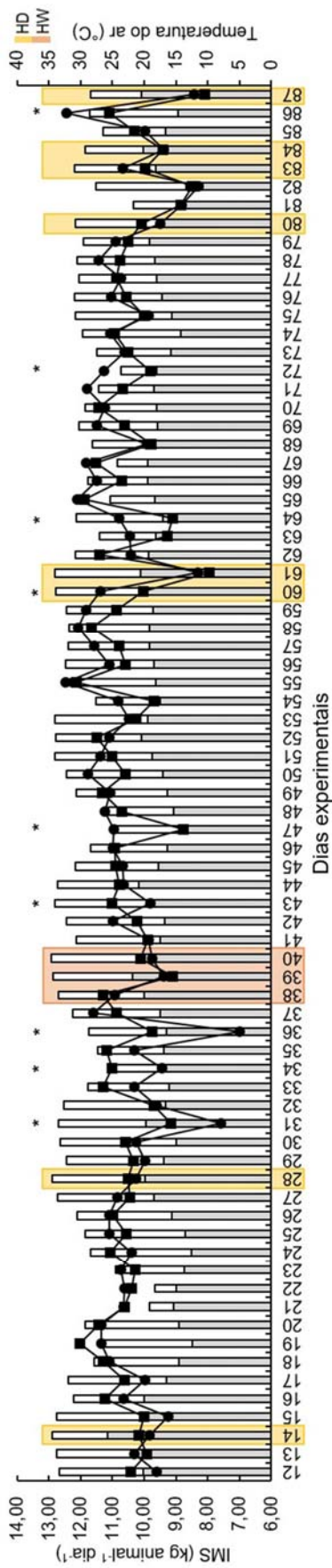
Com relação aos dias quentes, a única diferença de consumo entre tratamentos encontrada ocorreu no dia experimental 60 (T_{min} de 19,9 °C e T_{max} de 33,9 °C), sendo IMS de 11,38 kg e 10,04 kg para animais do tratamento sol e sombra, respectivamente. Além disso foi observada queda da IMS com relação ao dia anterior, sendo de 3,73 % para os animais do tratamento sol e de 7,65 % para os animais do tratamento sombra. Destaca-se que no dia 61, também dia quente com temperatura mínima de 20,5 °C e máxima de 34 °C, a IMS, embora sem diferença entre tratamentos, continuou em queda, com reduções de 26,82 % e 20,95 % na IMS dos animais sem sombra e com sombra, respectivamente.

Sullivan e Mader (2018) observaram que nos dias de condições quentes a redução de mais de 10 % na IMS em relação ao dia anterior é uma indicação prévia de ocorrência do estresse térmico antes que os sinais clínicos sejam notados. O que é importante ser considerado desde que a redução na IMS esteja associada a outros sinais clínicos de estresse pelo calor (por exemplo, polipneia térmica, salivação excessiva, elevação da temperatura retal acima do limite fisiológico, dentre outros).

Foram observadas diferenças da IMS entre tratamentos também em dias neutros, sendo que metade delas ocorreram entre dois e três dias após algum evento térmico e a outra metade não. Na figura 6 foi possível observar que este padrão após algum evento térmico ocorreu de forma repetida nos dias experimentais 31, 43, 64 e 86. O que também concorda com Vitali et al. (2015), que encontraram altos índices de mortalidade de vacas associados com a ocorrência de ondas de calor e valores significativos de mortes três dias após o fim da onda de calor, o que foi considerado como um potencial efeito prolongado.

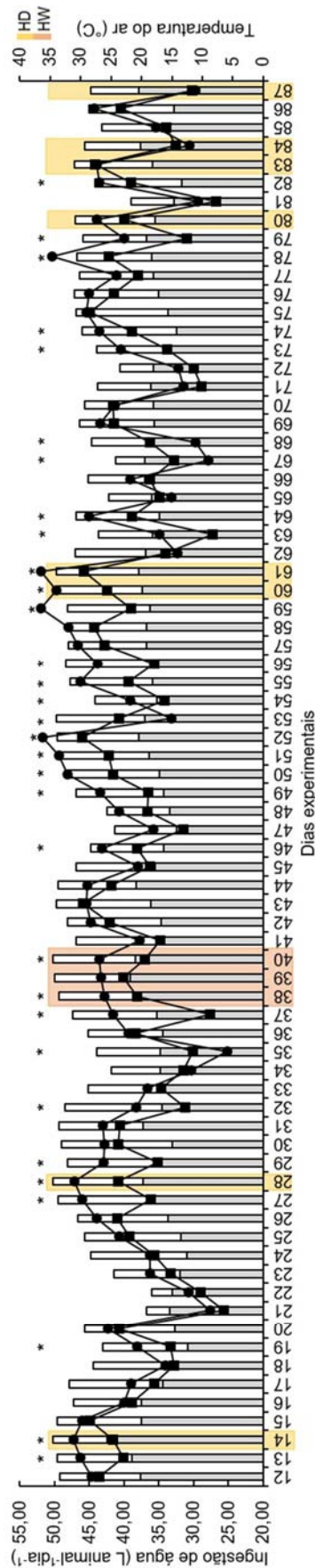
No mesmo sentido, Brown-Brandl et al. (2005a) observaram que de três a quatro dias de exposição a uma onda de calor ocorrem diversas mudanças metabólica nos bovinos, entre elas a redução da IMS para alcançar a menor produção de calor interno. A qual, no entanto, pode ser restabelecida dentro de seis dias pelos animais em condições de estresse não muito severas.

Figura 6 – Consumo médio diário de matéria seca dos animais do tratamento sol e sombra durante o período de confinamento



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e barra cinza a temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$); linha sólida com marcador circular representa a ingestão de matéria seca ($\text{kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) dos bovinos do tratamento sol ($n = 23$) e linha sólida com marcador quadrado representa a ingestão de matéria seca ($\text{kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) dos bovinos do tratamento sombra ($n = 24$); HD – significa dia quente; HW – significa onda de calor; (*) indica diferença significativa entre os tratamentos ($P\text{-valor} < 0,05$).

Figura 7 – Consumo médio diário de água dos animais do tratamento sol e sombra durante o período de confinamento



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e barra cinza a temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$); linha sólida com marcador circular representa a ingestão de água ($\text{L animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) dos bovinos do tratamento sol ($n = 23$) e linha sólida com marcador quadrado representa a ingestão de água ($\text{L animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) dos bovinos do tratamento sombra ($n = 24$); HD – significa dia quente; HW – significa onda de calor; (*) indica diferença significativa entre os tratamentos ($P\text{-valor} < 0,10$).

Por outro lado, as demais diferenças de IMS encontradas nos dias neutros 34, 36, 47 e 72 não se encaixam neste padrão descrito; devendo, pois, haver outros fatores além da temperatura máxima e mínima do dia que influencie esta resposta ingestiva. Além disso, outro efeito expressivo dentro desses dados de IMS é que após o dia 46, ou seja, da metade do confinamento para frente, quando as diferenças entre os tratamentos aconteceram, o tratamento sol sempre apresentou maior consumo. O que pode indicar que os animais desse tratamento se adaptaram com o passar dos dias (por exemplo, por meio de mudanças comportamentais no consumo). As quais estão detalhadas na segunda etapa deste estudo.

Para a ingestão hídrica diária (Figura 7), embora tenha sido encontrado diferenças dos consumos hídricos entre os tratamentos durante ocorrência dos eventos térmicos, as respostas ingestivas também acompanharam as oscilações diárias de temperatura do ar. À medida que a temperatura ambiente máxima e mínima aumentaram, o consumo hídrico dos animais também aumentou, sendo menor o volume consumido pelos animais do tratamento sombra ($P = 0,1017$).

Além disso, observou-se que durante alguns eventos térmicos, a IMS obtida no dia foi percentualmente maior do que a ingestão média do período. O que foi verificado no tratamento sombra nos dias experimentais 28 e 38 e no tratamento sol nos dias experimentais 38, 60 e 83.

Sendo que tais resultados podem ter sido obtidos por razões diferentes entre os tratamentos; possivelmente atribuído em função do uso da sombra para os animais com acesso a ela, e devido algum tipo de adequação ocorrida no caso dos animais sem acesso, visto que sem dispor de sombra para amenizar as condições térmicas os animais podem adequar o seu consumo por meio de ajustes comportamentais. Por isso, os consumos foram detalhados nas etapas seguintes deste estudo.

Avaliando a ingestão de alimento para bovinos com e sem sombra em função de estresse térmico em diferentes níveis de THI, Brown-Brandl et al. (2005b) encontraram redução no consumo de ambos em condição de estresse térmico elevado (THI categoria Emergência), na qual ainda o maior consumo foi obtido pelos animais com sombra. Além disso, os autores observaram o inverso na condição sem estresse térmico (THI categoria Normal), os animais sem sombra foram aqueles que apresentaram maior consumo; o que segundo os autores, se deve a uma alternância de consumo nas condições de temperatura mais frescas, que serve para compensar o consumo que foi reduzido nas condições de temperaturas elevadas.

Contudo, no presente trabalho o efeito positivo da sombra não foi tão claro. Uma explicação pode ser que o estresse atribuído durante o confinamento não tenha sido muito grande e, sendo animais Nelores, o efeito positivo não foi evidente.

De forma geral, observou-se que a IMS não é constante ao longo do experimento e que o efeito positivo do sombreamento durante eventos climáticos não foi claro. Mas ficou evidente que os eventos climáticos afetam negativamente o consumo dos animais, com quedas na IMS nesses dias em relação aos dias anteriores. Também pode-se destacar que a duração dos eventos influenciam na intensidade de redução da IMS, sendo que pode-se esperar maior redução quanto maior a duração do evento (2 ou 3 dias).

Foi interessante observar que até aproximadamente metade do período do confinamento (dia 46), a sombra parece ter contribuído com algum efeito positivo sobre a IMS, sendo observado maior consumo para os animais desse tratamento comparado ao do sol em alguns dias (dias 31, 34, 36 e 43). Mas a partir de então (dia 46), foram observados alguns dias com maiores consumos para os animais do tratamento sol (dias 47, 60, 64, 72 e 86). Isso pode sinalizar que após um período do confinamento os animais podem se lançar mão de estratégias para se adequar ao ambiente, como por exemplo, alterar o consumo para horários mais frescos do dia.

Cortisol

Para as concentrações de cortisol não houve efeito de tratamento ($P > 0,05$). O valor médio de cortisol obtido no período foi de $24,65 \pm 1,46$ ngmL⁻¹ para os animais do tratamento sol e de $21,19 \pm 1,42$ ng mL⁻¹ para os animais do tratamento sombra (Tabela 4). No entanto, as concentrações de cortisol foram influenciadas pelas condições dos dias ($P < 0,0001$) e apresentaram interação entre tratamento e dia em sua última análise ($P < 0,05$).

Conforme observado na Figura 8, durante as avaliações de cortisol a temperatura máxima do ambiente variou entre 28,8 °C e 32,2 °C. O que demonstra que os animais vivenciaram condições acima da sua zona de conforto térmico, que se refere ao intervalo entre 10 e 27 °C segundo Baêta e Souza (2010) e Castro-Junior e Silva (2020). Intervalo no qual, inclusive, a temperatura corporal é praticamente constante, os animais não têm sensação de frio ou calor e os esforços dos mecanismos termorregulatórios são mínimos; de modo que o metabolismo normal

consegue fornecer energia necessária para manter a temperatura corporal dentro da normalidade (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Além disso, no presente estudo também foi observado que a elevação da temperatura mínima do ambiente foi acompanhada do aumento da concentração de cortisol nos animais do tratamento sol e, da sua diminuição nos animais do tratamento sombra.

No dia quente (dia experimental 84), quando temperatura mínima foi de 20,1 °C e a máxima foi de 29,3 °C, as concentrações de cortisol foram significativamente diferentes entre os tratamentos. A média de cortisol registrada para os animais do tratamento sol foi de $25,34 \pm 1,80 \text{ ng mL}^{-1}$ e de $17,17 \pm 1,76 \text{ ng mL}^{-1}$ para os animais do tratamento sombra ($P = 0,002$). Nos dias 0 e 42, considerados dias neutros, não houve diferença entre os tratamentos.

O cortisol influencia diretamente o metabolismo e a resposta comportamental dos animais em estresse térmico, favorecendo a glicogenólise, lipólise e proteólise para fornecer a energia necessária para restaurar a homeostase (MADHUSOODAN et al., 2019). Esse suprimento de energia é utilizado pelos mecanismos de defesa para enfrentar o estressor (MORMÈDE et al., 2007).

A concentração média de cortisol de $21,19 \text{ ng mL}^{-1}$ encontrada no tratamento sombra referente ao período, está de acordo com valor de $21,05 \text{ ng mL}^{-1}$ obtido por Lima et al. (2020) em animais da raça Nelore com as mesmas intervenções de tratamento com sombra. Grandin (2021) considera que bovinos manejados de forma menos estressante terão normalmente valores mínimos de cortisol igual a 20 ng mL^{-1} .

Pires et al. (2019) estudando a concentração de cortisol sanguíneo em bovinos da raça Nelore e Caracu no Brasil, nas condições de temperatura ambiente de 21,9 °C a 45,6 °C, não encontram diferença significativa entre os níveis de cortisol para os animais submetidos as condições de sol e sombra. No entanto, os autores observaram que a elevação da temperatura ambiente e da TR ocorrida ao longo dos meses, poderia modificar a adaptabilidade dos animais e consequentemente alterar as concentrações de cortisol, as quais passaram a apresentar valores mais baixos.

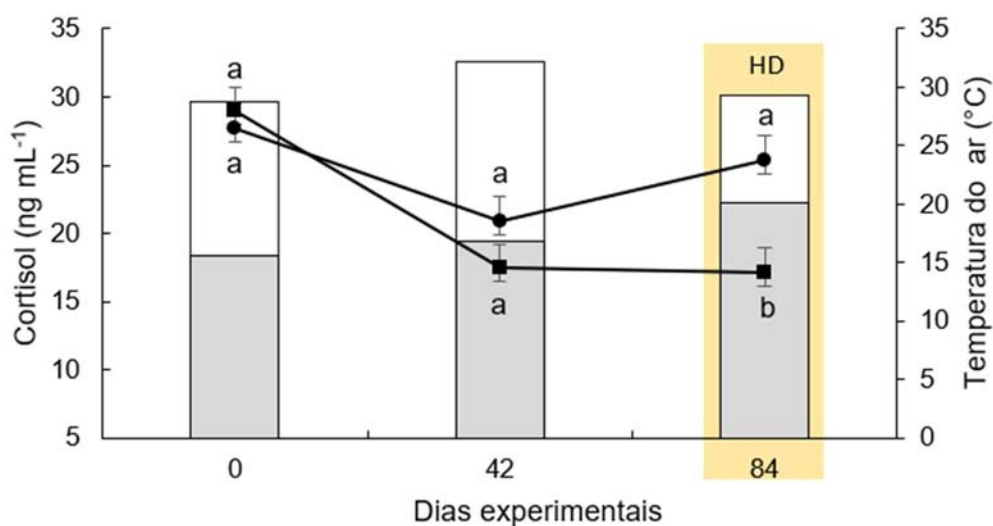
Avaliando o cortisol em bovinos durante a estação de verão no Brasil, com temperatura ambiente em média de 24,7 °C e 35,5 °C de máxima, Lima et al. (2020) afirmaram que o aumento da temperatura ambiente e da umidade relativa causou a elevação do cortisol sérico nos Nelores, demonstrando por meio da intensidade de sua concentração o efeito do estresse térmico no metabolismo animal. Em verificação

destas hipóteses, confirmou-se no presente trabalho o aumento da temperatura ambiente, pela elevação da temperatura mínima do ar durante as três avaliações (15,6 °C, 16,8 °C e 20,1 °C), e da umidade relativa (79,3 %; 65,7 % e 84,0 %).

Além disso, a concentração de cortisol do tratamento sombra obtida no dia 84 (17,17 ng mL⁻¹), também concorda com o valor de 17,97 ng mL⁻¹ obtido por Pires et al. (2019) após ao referido período de adaptabilidade dos animais da raça Nelore.

Portanto, o resultado encontrado sugere que a elevação gradual na temperatura mínima, que culminou em um dia quente, aumentou (P = 0,0182) a intensidade da resposta do cortisol nos animais sem sombra em 21 % entre as duas últimas avaliações; e, no outro grupo, devido a adequação as condições ambiente por meio do uso da sombra, permitiu com que não houvesse uma resposta de cortisol proporcional a intensidade do estímulo térmico. O que resultou na queda de 1,67 % na concentração de cortisol dos animais com sombra entre as duas últimas avaliações (P = 0,8713).

Figura 8 – Concentração de cortisol ao longo do período experimental



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa concentração de cortisol sanguíneo (ng mL⁻¹) dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa cortisol sanguíneo (ng mL⁻¹) dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

Temperatura Retal

A temperatura retal (TR) não apresentou efeito de tratamento ($P > 0,05$). O seu valor médio durante o período experimental foi igual a $39,42\text{ °C} \pm 0,05$ para os animais do tratamento sol e de $39,45\text{ °C} \pm 0,04$ para os animais do tratamento sombra (Tabela 4). Para os bovinos de corte a temperatura média interna de referência é de $38,3\text{ °C}$, com variação de $36,7$ a $39,1\text{ °C}$ (REECE, 2015).

Lima et al. (2020) avaliando bovinos da raça Nelore e Caracu nas condições de sol e sombra encontraram efeito de tratamento para a TR, cuja média para os Nelores foi de $39,16 \pm 0,3\text{ °C}$ nas condições de sol (temperatura ambiente entre $36,90$ e $41,27\text{ °C}$) e de $39,09 \pm 0,3\text{ °C}$ nas condições de sombra (temperatura ambiente entre $32,54$ e $33,63\text{ °C}$).

Nesse estudo a TR foi influenciada pelo efeito de dia ($P < 0,0001$), mas não apresentou interação entre tratamento e dia ($P > 0,05$). Entretanto, foi possível observar pela Figura 9 que nas duas primeiras avaliações (dia experimental 0 e 21), a TR do tratamento sol foi superior a TR do tratamento sombra e, após esse período, a TR do tratamento da sombra assumiu um patamar mais elevado.

Até o dia 21, quando as temperaturas mínimas do ar estavam em torno dos 15 °C , a TR do tratamento sol foi superior a TR do tratamento sombra, apresentando valores dentro da normalidade, com média de $39,09\text{ °C}$ para os animais do tratamento sol e de $39,03\text{ °C}$ para os animais do tratamento sombra ($P > 0,05$). Mas, a partir deste dia foi observado um aumento gradual da temperatura mínima do ambiente, que foi acompanhada do aumento da TR dos tratamentos (tratamento * dia, $P = 0,2807$).

Considerando o limite máximo da TR de $39,1\text{ °C}$ como parâmetro, o aumento médio encontrado durante as três últimas avaliações foi da ordem de $0,39\text{ °C}$ na TR dos animais do tratamento sombra, e de $0,29\text{ °C}$ na TR dos animais do tratamento sol. De modo que, a TR de ambos os tratamentos estavam acima do valor de referência; mas, a TR do tratamento sombra estava ainda $0,10\text{ °C}$ mais elevada do que a TR do tratamento sol, sugerindo a ocorrência de um ajuste termorregulatório nos animais com sombra.

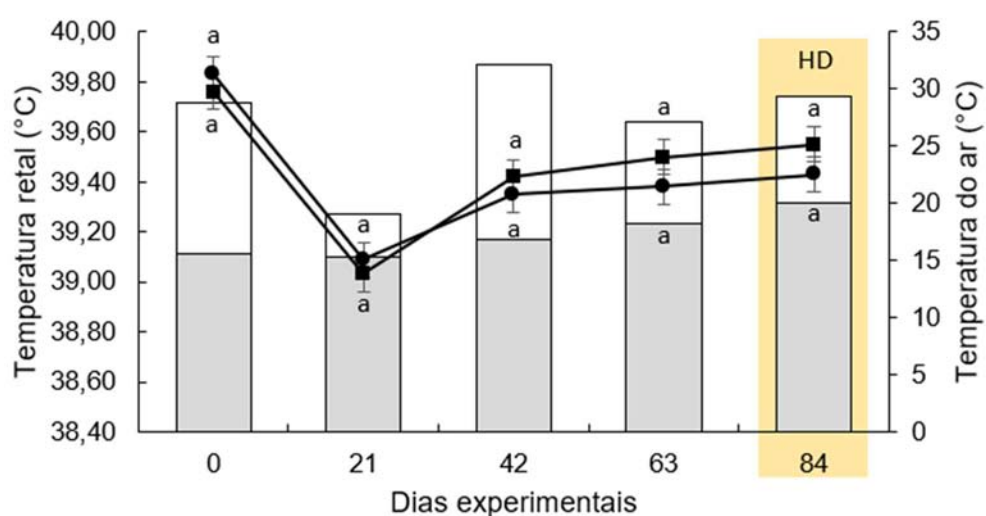
Ao mudar os animais para um ambiente de temperatura mais quente, Lima et al. (2020) também encontraram um aumento médio de $0,6\text{ °C}$ na TR dos animais da raça Nelore e Caracu, o que para os autores indica a sensibilidade dos mecanismos adaptativos de ambas as raças.

Para Curtis et al. (2017) quando há um resfriamento lento diário após o animal aumentar sua ingestão de alimento, também pode haver o aumento da temperatura central, que acontece em resposta a termogênese induzida pela dieta.

Costa et al. (2017) verificaram que em amplitudes térmicas de 10 °C a temperatura retal dos animais teve o aumento de quase 1 °C ao longo do dia. Sendo que este efeito também foi mais pronunciado em animais mais pesados, devido a sua maior capacidade de armazenar calor.

Em conclusão, tais apontamentos foram condizentes com as condições do presente estudo, principalmente em relação a amplitude térmica média de 10,1 °C encontrada durante as avaliações de TR e, ao fato de que os animais do tratamento sombra apresentaram numericamente maior peso durante este estudo. Mas, por mais que houvesse boas indicações do ocorrido, as respostas não foram claras.

Figura 9 – Temperatura retal ao longo do período experimental



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa a temperatura retal (°C) dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa a temperatura retal (°C) dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

Termografias de Infravermelho

Neste estudo as termografias de infra-vermelho (TIVs) apresentaram temperaturas de 6 a 3°C abaixo da TR dependendo da área do corpo (Tabela 4).

No entanto, a TR não apresentou efeito de tratamento ou interação entre tratamento e dia ($P > 0,05$).

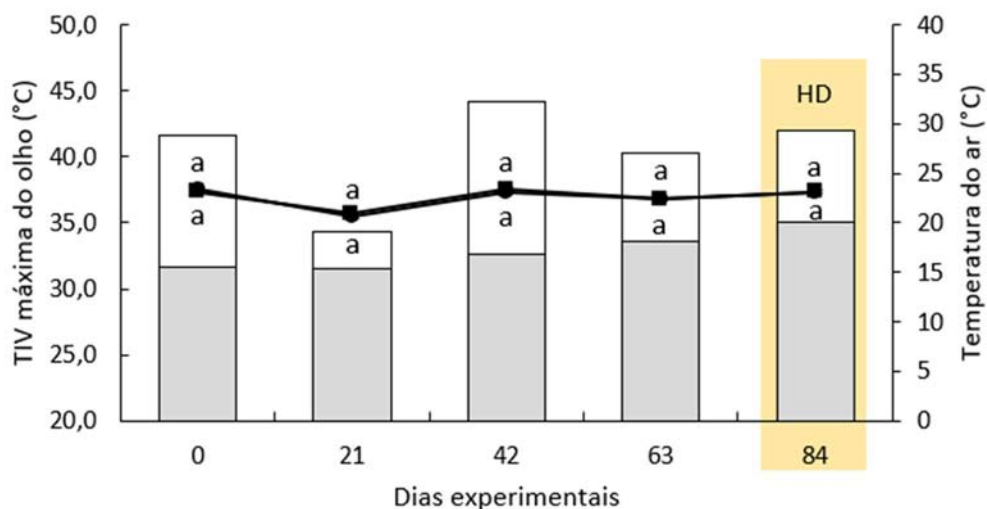
A temperatura do globo ocular em ambos os tratamentos esteve mais próxima com relação a TR e, também não apresentou efeito de tratamento ou interação entre tratamento e dia ($P > 0,05$) (Figura 10).

A frente foi a segunda área do corpo com valores mais próximos da TR, com diferença de 5 °C para os animais da sombra e de 4 °C para os animais do sol. A TIV da frente dos animais do tratamento com sombra apresentou média de $34,45 \pm 0,16$ °C, enquanto a dos animais do tratamento sol apresentou média de $35,29 \pm 0,17$ °C. Além disso, a temperatura da frente apresentou efeito de tratamento ($P < 0,05$) e interação entre tratamento e dia ($P < 0,05$) (Figura 11).

Nesse sentido, a diferença alcançada entre a TIV e a TR se mostra como uma vantagem para as trocas térmicas dos animais com sombra. De acordo com Taylor et al. (2014) isso estabelece gradientes térmicos dentro e entre esses sistemas; de modo que, em meio as contínuas trocas de calor entre a pele e o meio ambiente, a energia térmica se move a favor de gradientes de energia. Assim, as perdas de calor sensível do corpo são reguladas pelo gradiente de temperatura (MAIA et al., 2005), como na convecção durante a noite, onde a temperatura do ar é tipicamente mais baixa e o gradiente de temperatura entre o ar e o corpo é tipicamente o maior (SPIERS et al., 2018).

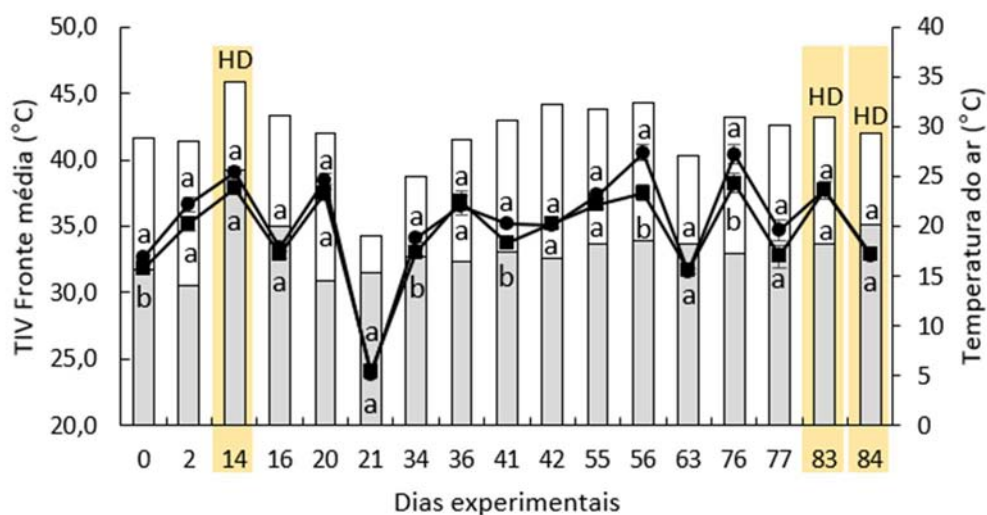
Outros trabalhos avaliaram a associação da TIV da frente com a TR e com as condições do ambiente. Martello et al. (2016) avaliando a termografia de infravermelho como ferramenta para monitorar a temperatura da superfície corporal no gado de corte, obteve uma alta correlação da área da frente com a temperatura retal (0,60). Salles et al. (2016) fazendo uso da TIV para mensurar a variação das temperaturas na raça Jersey em condição de conforto térmico, encontraram uma alta correlação entre a temperatura da termografia da frente e o índice de estresse térmico de Mader, no valor de 0,81.

Figura 10 – Temperatura do olho durante o período experimental



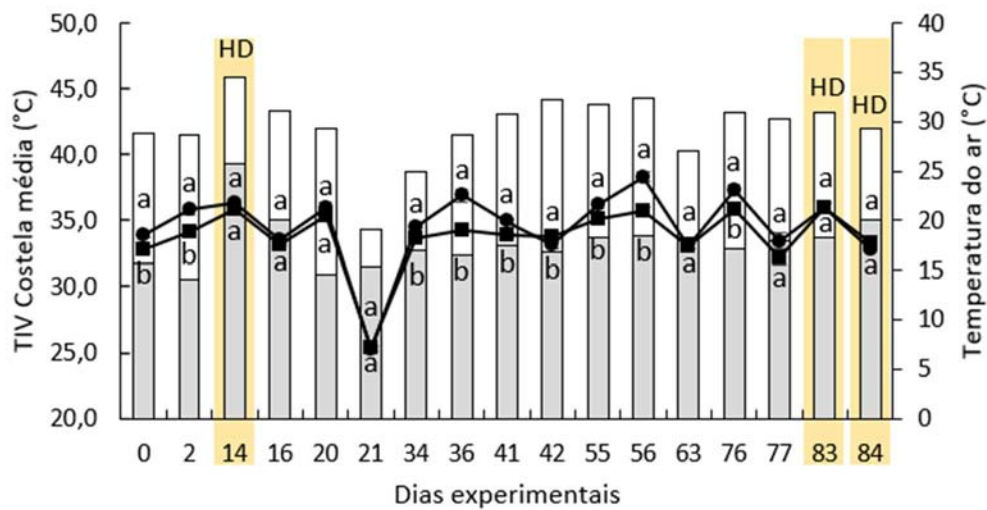
Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa a temperatura máxima (°C) do olho dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa a temperatura máxima (°C) do olho dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

Figura 11 – Temperatura da frente durante o período experimental



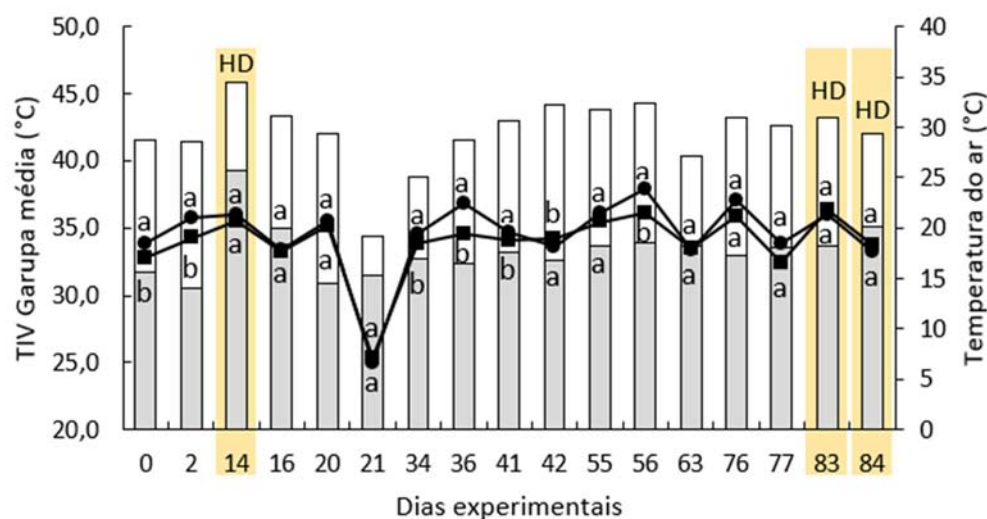
Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa a temperatura média da frente (°C) dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa a temperatura média da frente (°C) dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

Figura 12 – Temperatura da costela durante o período experimental



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa a temperatura média (°C) da costela dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa a temperatura média (°C) da costela dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

Figura 13 – Temperatura da garupa durante o período experimental



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa a temperatura média (°C) da garupa dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa a temperatura média (°C) da garupa dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

As temperaturas da costela e da garupa também foram menores ($P < 0,05$) nos animais do tratamento sombra. As menores médias da temperatura da frente (Figura 11), costela (Figura 12) e garupa (Figura 13) foram observadas nos animais do tratamento sombra nos dias experimentais 0, 34, 41 e 56. Foi interessante observar

que esses dias não foram os de ocorrência de evento climático (dias quentes). Porém, o benefício da sombra foi observado na média geral dessas termografias de infravermelho.

Diante disso, a avaliação da termografia e a forma de captura da imagem podem trazer resultados mais evidentes em relação a resposta do animal. Com relação a termografia, a avaliação de animais utilizando o índice de dias quentes deve ser mais bem estudado. Visto que, os benefícios da sombra não foram observados nos dias quentes.

Considerando outras formas de sombra que possam ser comparadas com os tratamentos de sol e sombra aqui estudados, Giro et al. (2019) avaliaram sistemas integrados e, também encontraram diferenças significativas entre as temperaturas de superfície corporal dos bovinos em condições de sol (integração-lavoura-pecuária) e sombra (integração-lavoura-pecuária-floresta). Segundo os autores, no período da tarde a termografia das costas dos bovinos apresentou média de temperatura igual a 31,86 °C na condição com sombra da floresta e média de 32,76 °C na condição sem sombra da floresta ($P < 0,05$).

Frequência Respiratória

O calor transferido durante a respiração é uma eficiente forma de perder calor (MCMANUS et al., 2009). Em bovinos a evaporação respiratória é responsável por 30 % da perda de calor via evaporação, sendo os outros 70 % determinado pela evaporação cutânea (SILVA, 2000). Segundo Moura et al. (2021) a temperatura do ar exalado pelo Nelore possui em média 3 °C a mais do que a do animal cruzado (*Bos indicus* x *Bos taurus*).

A frequência respiratória (FR) apresentou efeito de tratamento ($P < 0,05$). Durante o período experimental a FR média dos animais do tratamento sombra foi igual a $37,07 \pm 1,01$ movimentos min^{-1} e dos animais do tratamento sol foi igual a $41,20 \pm 1,03$ movimentos min^{-1} (Tabela 4). O valor de FR referência para o limite crítico de bovinos de corte é de 60 mov. min^{-1} (VAN LAER et al., 2015).

Lima et al. (2020) analisando a frequência respiratória de Nelores por meio da contagem de movimentos do flanco, obtiveram a média de $34,38 \pm 4,69$ mov. min^{-1} para os animais expostos ao sol e de $33,13 \pm 4,22$ mov. min^{-1} para os animais expostos a condição de sombra.

No presente estudo, a FR apresentou efeito de dia e interação entre tratamento e dia ($P < 0,05$), que coincidiu com eventos térmicos e dias neutros, nos quais houve o efeito combinado entre altas temperaturas e alto percentual de umidade relativa (Figura 14).

As médias de FR de ambos os tratamentos referente ao período não ultrapassou o valor de referência (60 mov.min⁻¹). Porém, a partir das análises dos valores máximos de FR, foram encontradas respostas que ultrapassaram a referência. No tratamento sombra a resposta máxima de FR obtida foi de 75 mov. min⁻¹ e no tratamento sol foi de 93,17 mov.min⁻¹.

O dia 14, que foi considerado um dia quente, os animais do tratamento sol apresentaram médias de FR 15,09 % superior em relação aos animais do tratamento sombra (47,41 vs. 41,19 mov.min⁻¹, tratamento sol e sombra, respectivamente).

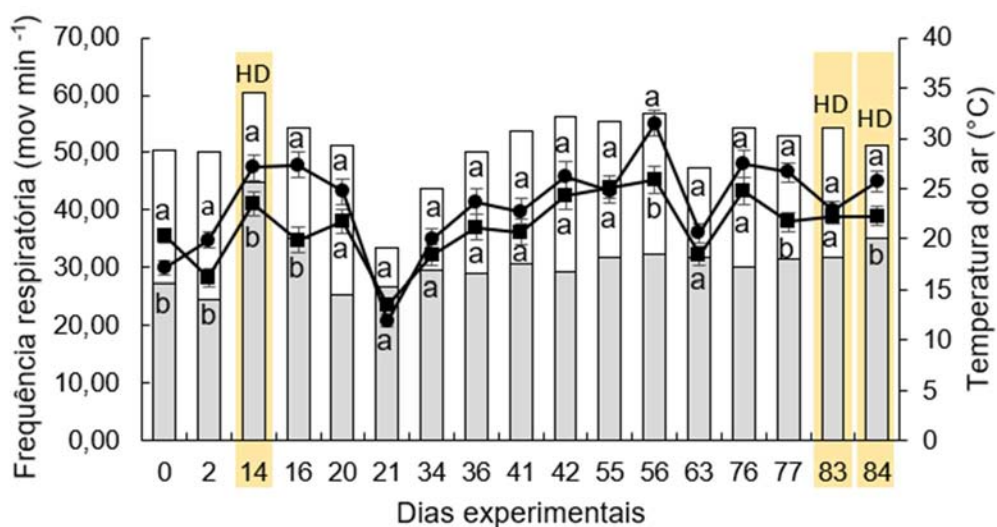
No outro dia quente (dia experimental 84), a FR dos animais do tratamento sol também foi em torno de 15% superior em relação a FR dos animais do tratamento sombra (45,01 vs. 38,94 mov.min⁻¹, tratamento sol e sombra, respectivamente).

Ambos os eventos térmicos aconteceram em dias com temperatura mínima acima de 20 °C, o que indica a ocorrência de temperaturas altas durante a noite. Sem resfriamento suficiente durante as horas noturnas, a temperatura do animal não retorna aos níveis normais, criando assim um pico mais alto na temperatura interna no dia seguinte (BROWN-BRANDL et al., 2005a).

Nos dias 2, 16, 56 e 77, quando ocorreu a combinação de altas temperaturas com elevada umidade relativa ($28,6\text{ °C} \leq T_{\text{max}} \leq 32,40\text{ °C}$ e $55,1\% \leq \text{UR} \leq 81,5\%$), a diferença de FR entre o tratamento sol e sombra variou em média de 26,19%. Ou seja, os efeitos combinados da temperatura e umidade implicou em uma maior variação da FR entre os tratamentos do que aquela identificada pelos dias quentes.

No dia 0 foi identificado uma diferença visual no nível de agitação dos animais do tratamento sombra, que pode ter afetado a FR (29,99 vs. 35,47 mov.min⁻¹ para o tratamento sol e tratamento sombra, respectivamente). Esse comportamento pode estar relacionado ao contato visual e auditivo com outros animais da fazenda que estavam sendo manejados próximo ao local do experimento. A hipótese de que este valor de FR foi resultante de uma exposição ao sol foi descartada pela verificação das termografias de infravermelho. Nas demais avaliações o comportamento dos grupos não apresentou discrepâncias.

Figura 14 – Frequência respiratória durante o período experimental



Legenda: barra branca representa a temperatura máxima do ar (°C) e barra cinza a temperatura mínima do ar (°C) nos dias de avaliação. Linha sólida com marcador circular representa a frequência respiratória (mov.min⁻¹) dos bovinos do tratamento sol (n = 23) e linha sólida com marcador quadrado representa a frequência respiratória (mov.min⁻¹) dos bovinos do tratamento sombra (n = 24). HD representa a identificação do dia quente. Fonte: autoria própria.

Segunda etapa

A quantidade de alimento consumida pelos animais foi influenciada pelos turnos ao longo do dia ($P < 0,05$). Para ambos os tratamentos as maiores ingestões de matéria seca (IMS) ocorreram nos turnos da manhã e da tarde, quando os animais se encontram mais ativos em função do período de luz do dia, mas não apresentaram diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$).

No entanto, no turno da noite houve diferença significativa de consumo entre os tratamentos (Tabela 5). Os animais do tratamento sol apresentaram média de consumo de $2,10 \pm 0,09$ kg animal⁻¹ dia⁻¹ e os animais do tratamento sombra apresentaram média de $1,79 \pm 0,09$ kg animal⁻¹ dia⁻¹ ($P = 0,0219$).

Uma hipótese provável é que tal ocorrência foi devido a um reajuste do comportamento ingestivo para compensar a queda de ingestão no turno da tarde, que foi numericamente menor ($P = 0,2552$) do que o consumo registrado pelos animais do tratamento sombra (Tabela 5). Nos demais turnos não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Barreto et al. (2022) observaram que os animais criados a pleno sol aumentaram sua movimentação durante a noite e madrugada, comparativamente a

aqueles criados com acesso a sombra. O que ocorreu para compensar o ócio apresentado nos períodos mais quentes do dia, para animais criados a pleno sol e, possivelmente, como estratégia de compensação alimentar, aumentando sua ingestão no período. Por isso, os autores também observaram que, a ruminação dos animais submetidos a maior desafio térmico também foi mais frequente de madrugada e de noite, comparativamente aos animais que foram mantidos em áreas sombreadas.

Tabela 5 – Média de consumo de matéria seca por turno (kg animal⁻¹dia⁻¹)

Variáveis	Sol	Sombra	Tratamento	Turno	Trat*Turno
Turnos	2,72±0,06 ^a	2,71±0,06 ^a	0,8846	<0,0001	0,0065
Manhã	3,24±0,09 ^a	3,22±0,09 ^a			0,8655
Tarde	4,46±0,13 ^a	4,67±0,13 ^a			0,2552
Noite	2,10±0,09 ^a	1,79±0,09 ^b			0,0219
Madrugada	1,07±0,05 ^a	1,15±0,05 ^a			0,3058

Médias são significativamente diferentes para $P < 0,05$. Fonte: autoria própria.

De acordo com os resultados da Tabela 6 o número de visitas ao cocho também foi influenciado pelos turnos ($P < 0,05$) e, assim como observado no consumo, os maiores números de visitas foram encontrados no turno da manhã e da tarde ($P > 0,05$).

No entanto, houve diferença no número de visitas ao cocho no turno da noite e da madrugada ($P < 0,05$). No turno da noite os animais do tratamento sol consumiram mais e frequentaram mais vezes o cocho do que os animais do tratamento sombra ($6,82 \pm 0,29$ vs. $5,95 \pm 0,28$; $P = 0,0387$). No turno da madrugada o número de visitas ao cocho do tratamento sol foi menor ($P < 0,05$) em relação ao tratamento sombra. O que provavelmente ocorreu devido à realização de comportamentos de ruminação e de ócio após a maior IMS registrada no turno da noite (comportamentos não avaliados).

Tabela 6 – ANOVA do número de visitas ao comedouro durante os turnos (média e erro padrão)

Variáveis	Sol	Sombra	Tratamento	Turno	Trat*Turno
Turnos	10,84±0,40 ^a	10,65±0,39 ^a	0,7341	<0,0001	0,0053
Manhã	14,24±0,61 ^a	13,60±0,60 ^a			0,4588
Tarde	18,98±0,88 ^a	19,16±0,86 ^a			0,8797
Noite	6,82±0,29 ^a	5,95±0,28 ^b			0,0387
Madrugada	3,35±0,15 ^b	3,90±0,14 ^a			0,0093

Médias são significativamente diferentes para $P < 0,05$. Fonte: autoria própria.

Em relação ao consumo hídrico (Tabela 7) o maior volume ingerido ($P = 1264$) ocorreu no turno da tarde, com média de $17,60 \pm 0,52$ L animal⁻¹ dia⁻¹ para os animais do tratamento sol e $16,46 \pm 0,51$ L animal⁻¹ dia⁻¹ para os animais do tratamento sombra.

Nos turnos da noite e da madrugada ocorreram as menores ingestões de água. Porém, em ambos os turnos os animais do tratamento sol tiveram numericamente o maior consumo hídrico ($P > 0,05$). A diferença de consumo hídrico entre os tratamentos ocorreu no turno da manhã, com média de $16,93 \pm 0,58$ L animal⁻¹ dia⁻¹ para os animais do tratamento sol e $14,78 \pm 0,56$ L animal⁻¹ dia⁻¹ para os animais do tratamento sombra ($P = 0,0106$).

É importante destacar que mesmo no turno da tarde, período mais quente do dia, o consumo médio dos animais da sombra não atingiu se quer o volume ingerido pelos animais do tratamento sol no turno da manhã (Tabela 7).

Tabela 7 – Média de ingestão de água diária por turno (L animal⁻¹dia⁻¹)

Variáveis	Sol	Sombra	Tratamento	Turno	Trat*Turno
Turnos	12,76±0,35 ^a	11,71±0,34 ^b	0,0366	<0,0001	0,0633
Manhã	16,93±0,58 ^a	14,78±0,56 ^b			0,0106
Tarde	17,60±0,52 ^a	16,46±0,51 ^a			0,1264
Noite	8,40±0,37 ^a	7,78±0,36 ^a			0,2325
Madrugada	8,10±0,36 ^a	7,83±0,36 ^a			0,6012

Médias são significativamente diferentes para $P < 0,05$. Fonte: autoria própria.

Quanto ao número de visitas ao bebedouro (Tabela 8), em ambos os tratamentos o turno da tarde foi o que apresentou maior número de visitas ($P > 0,05$) e o turno da madrugada o menor número de visitas ($P > 0,05$).

Assim como foi demonstrado pela ingestão hídrica, no turno da manhã os animais do tratamento sol beberam mais água e também visitaram o cocho com maior frequência ($P < 0,05$).

A frequência de visitas ao bebedouro de manhã também foi maior no trabalho de Barreto et al. (2022), em que bovinos criados sem acesso a sombreamento buscaram mais vezes os bebedouros de manhã.

No turno da noite foi observado uma maior tendência de visitas ao bebedouro por parte dos animais do tratamento sol ($1,26 \pm 0,04$ vs. $1,16 \pm 0,04$; $P = 0,057$), possivelmente em decorrência do maior consumo de alimento.

Contudo, os resultados encontrados revelam que os animais quando não tem acesso a sombra buscam alternativas para amenizar o efeito do estresse térmico do ambiente. As quais foram obtidas por meio de alterações no comportamento ingestivo alimentar e hídrico; a saber quando os animais trocaram a alimentação da tarde por períodos mais amenos, e quando ingeriram mais água no período da manhã para amenizar o efeito da produção do calor relativo à fermentação noturna.

Tabela 8 – ANOVA do número de visitas ao bebedouro durante os turnos (média e erro padrão)

Variáveis	Sol	Sombra	Tratamento	Turno	Trat*Turno
Turnos	$1,73 \pm 0,06^a$	$1,53 \pm 0,05^b$	0,0124	$<0,0001$	0,0005
Manhã	$2,18 \pm 0,08^a$	$1,71 \pm 0,08^b$			0,0002
Tarde	$2,45 \pm 0,12^a$	$2,23 \pm 0,12^a$			0,1903
Noite	$1,26 \pm 0,04^a$	$1,16 \pm 0,04^a$			0,057
Madrugada	$1,04 \pm 0,01^a$	$1,02 \pm 0,01^a$			0,2118

Médias são significativamente diferentes para $P < 0,05$. Fonte: autoria própria.

Terceira etapa

Componentes Principais

Com o objetivo de entender o relacionamento simultâneo entre as variáveis fisiológicas e ambientais, nesta etapa da análise foram selecionadas para compor o quadro fisiológico dos animais aquelas variáveis cuja mensuração foi realizada de forma não invasiva. De modo que, por meio da análise de componentes principais foi possível compreender as respostas fisiológicas estabelecidas em função das interações com os fatores ambientais estudados.

Portanto, nesta análise de componentes principais dos tratamentos sol e sombra foram combinadas de forma linear e simultânea seis variáveis fisiológicas e seis variáveis ambientais, resultando em um total de doze componentes principais para cada um dos tratamentos.

Após obter a variância explicada por cada um dos componentes principais gerados (Eigenvalues), observou-se que os dois primeiros componentes principais foram capazes de captar mais de 73 % da variância total dos dados em ambos os tratamentos (Tabela 9). De acordo com literatura (HONGYU et al. 2015), percentuais acima dos 70 % são adequados para explicar as relações encontradas.

Tabela 9 – Componentes principais CP1 e CP2 dos tratamentos sol e sombra baseados na matriz de correlação para variáveis fisiológicas e ambientais

Componente principal*	Sol		Sombra	
	CP1	CP2	CP1	CP2
Ingestão de matéria seca (IMS)	-0,150	0,002	-0,075	0,274
Ingestão de água (IH ₂ O)	-0,882	-0,037	-0,833	-0,047
Frequência respiratoria (FR)	-0,888	-0,034	-0,904	-0,124
TIV média da frente (T_FRONTE)	-0,927	-0,265	-0,935	-0,222
TIV média da costela (T_COSTELA)	-0,882	-0,327	-0,930	-0,220
TIV média da garupa (T_GARUPA)	-0,888	-0,342	-0,920	-0,268
Temperatura do ar média (T_MED)	-0,852	0,478	-0,850	0,443
Temperatura do ar máxima (T_MAX)	-0,963	0,056	-0,959	0,053
Temperatura do ar mínima (T_MIN)	-0,515	0,762	-0,499	0,700
Umidade relativa (UR)	0,722	-0,539	0,718	-0,534
Velocidade do vento (VENTO)	0,114	-0,454	0,084	-0,599
Radiação solar (RAD)	-0,703	-0,559	-0,728	-0,578
Variância total (%)	58,00	15,97	58,73	16,08

Fonte: autoria própria.

Ao somar os dois componentes principais (CP1 e CP2), observou-se que 74,81% da variância total dos dados foi captada pela análise do tratamento sombra, enquanto na análise do tratamento sol o percentual foi de 73,97 %. Além da proximidade entre estes números, a semelhança entre as respostas dos tratamentos também foi comprovada por meio dos valores obtidos para cada uma das variáveis (Tabela 9).

As variáveis ambientais, temperatura do ar máxima (Tmax), temperatura do ar média (Tmed), radiação solar (Rad), umidade relativa (UR) e as variáveis fisiológicas, frequência respiratória (FR), ingestão de água (IH₂O) e termografia de infra-vermelho média da frente (TIVFRON), costela (TIVCOST) e garupa (TIVGARUP), fizeram parte, principalmente, da formação do componente principal1 (eixo horizontal). Sendo que, em ambos os tratamentos a variável UR esteve inversamente correlacionada com as demais variáveis que compõem o eixo.

Por outro lado, a formação do eixo vertical (CP 2), foi composta principalmente por variáveis ambientais, como a temperatura mínima do ar (Tmin), a velocidade média do vento (VENTO), a radiação solar (Rad) e umidade relativa (UR). Isso implica que as relações entre as variáveis fisiológicas e ambientais sejam determinadas em sua maioria pelas correlações existentes no eixo horizontal, representada pelo CP 1.

Nos gráficos a e b (Figura 15) as variáveis que possuem as maiores magnitudes de associação com o CP 1 foram demarcadas pela elipse azul de maior dimensão e, os vetores com as menores distâncias entre si representam as variáveis altamente correlacionadas.

Portanto, observou-se que as TIVs da frente, costela e garupa estão fortemente correlacionadas entre si e, positivamente associadas com a frequência respiratória, ingestão de água e com as temperaturas. O que explica que, à medida que houve um aumento nas temperaturas ambiente, houve o aumento de temperatura dessas superfícies corporais, acompanhado do aumento da frequência respiratória e do maior consumo de água. Pereira, Titto e Almeida (2019) salientam que a respiração rápida superficial nos bovinos é um complemento ao concomitante aumento da taxa de sudação, que é desencadeada pelo hipotálamo através da interação de estímulos provenientes dos sensores térmicos centrais e periféricos, funcionando como medida antecipadora de hipertermia.

Figura 15 – Análises bidimensionais dos componentes principais referente ao tratamento sol e ao tratamento sombra

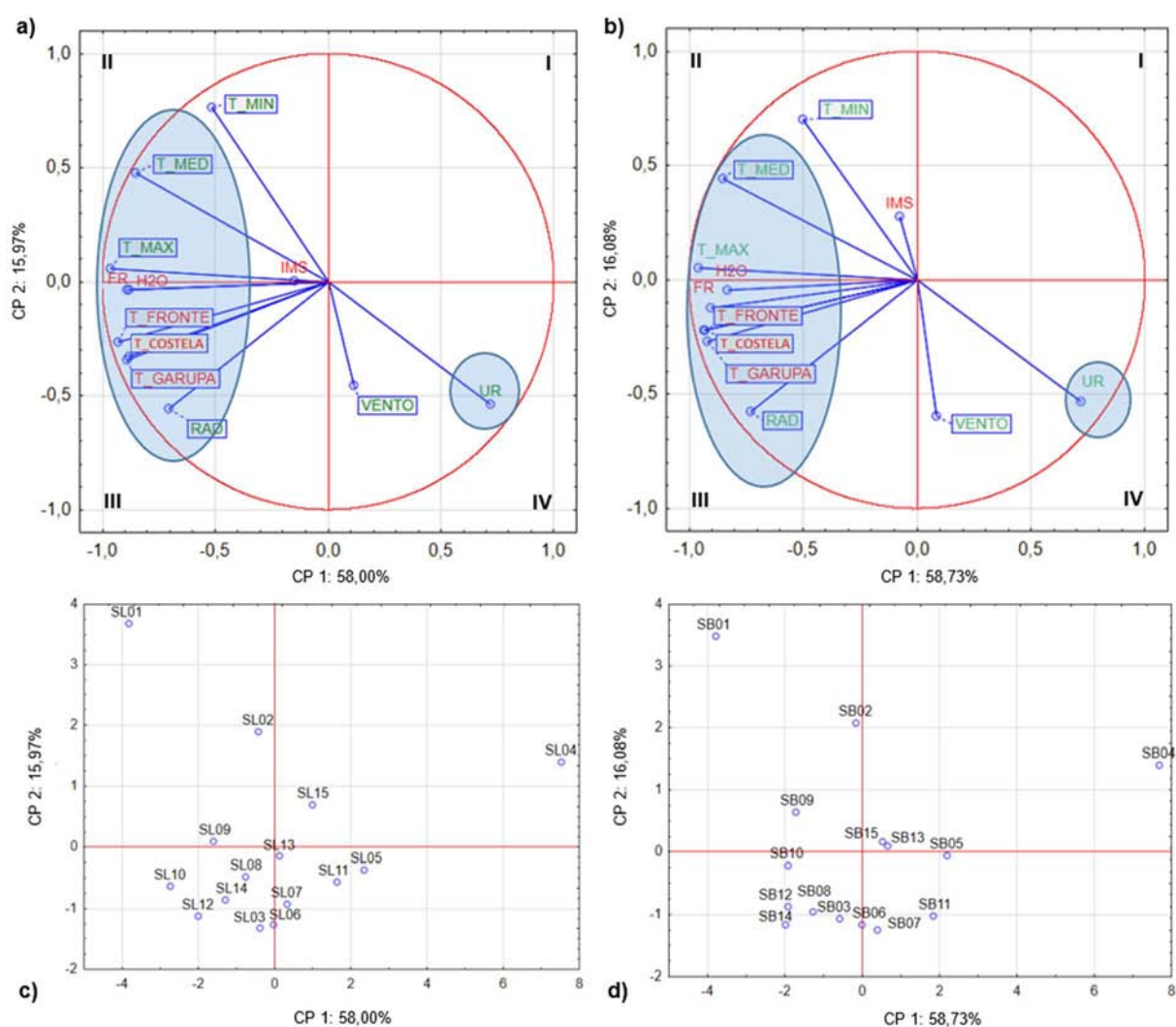


Gráfico bidimensional dos componentes principais CP1 versus CP2 dos tratamentos sol (a) e sombra (b). Vetores dos quadrantes I, II, III e IV: IMS - ingestão de matéria seca; H₂O - ingestão de água; FR - frequência respiratória; T_FRONTE - TIV média da frente; T_COSTELA - TIV média da costela; T_GARUPA - TIV média da garupa; T_MAX - temperatura máxima do ar; T_MED - temperatura média do ar; T_MIN - temperatura mínima do ar; RAD radiação solar, UR - umidade relativa; VENTO - velocidade média do vento. Valor médio de cada avaliação (n=15) realizada no tratamento sol - SL (c) e no tratamento sombra - SB (d). Fonte: autoria própria.

O vetor que representa a IMS, embora tenha uma baixa magnitude de associação com qualquer um dos eixos dos componentes principais, responde a uma variação da temperatura mínima no tratamento sombra. O que também está confirmado pela correlação negativa com ambos os tratamentos observada na Tabela 12; indicando assim, que os animais têm a sua IMS afetada em condições de temperaturas mínima elevadas.

Nos gráficos c e d (Figura 15) observou-se que a maioria dos dados se agrupou próximo ao eixo do gráfico, o que significa que a maior parte das avaliações ocorreram sem a influência de condições extremas de temperatura, umidade relativa, radiação solar e vento. O oposto a isso, são as avaliações de número 1, 2, 4 e 15 do tratamento sol e de número 1, 2 e 4 do tratamento sombra, que visualmente se afastaram da maioria das avaliações devido a influência de alguma condição ambiente extrema específica.

A saber, no caso da avaliação de número 1 o afastamento da massa de dados ocorreu devido à baixa umidade relativa média (25,80 %); e, no caso das demais avaliações foi ao contrário, o distanciamento ocorreu devido as altas condições de umidade relativa média ($55,1 \% \leq UR \leq 96,80 \%$), incluindo a baixa radiação solar acumulada na avaliação de número 4. Sendo importante destacar que a avaliação de número 1 e de número 15 são os respectivos dias quentes identificados nos dias experimentais 14 e 84.

Na análise de correlação de Pearson os coeficientes encontrados também confirmaram a associação forte entre as variáveis de temperatura de superfície corporal, ingestão de água e frequência respiratória. No tratamento sol estas variáveis demonstraram coeficientes de correlação acima de 0,70 (Tabela 10) e no tratamento sombra coeficientes de correlação acima de 0,69 (Tabela 11). Acrescentando-se que, só existe correlação forte entre FR e TIV na condição extrema.

Tabela 10 – Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas do tratamento sol

Matriz de correlação						
Variáveis	IMS	H₂O	FR	Fronte	Costela	Garupa
IMS	1,000					
H₂O	0,374	1,000				
FR	0,139	0,712*	1,000			
Fronte	0,117	0,816*	0,808*	1,000		
Costela	-0,035	0,708*	0,763*	0,963*	1,000	
Garupa	-0,044	0,704*	0,782*	0,955*	0,995*	1,000

*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

Tabela 11 - Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas do tratamento sombra

Matriz de correlação						
Variáveis	IMS	H₂O	FR	Fronte	Costela	Garupa
IMS	1,000					
H₂O	0,262	1,000				
FR	0,151	0,738*	1,000			
Fronte	0,098	0,814*	0,861*	1,000		
Costela	0,055	0,713*	0,821*	0,961*	1,000	
Garupa	0,009	0,693*	0,827*	0,952*	0,996*	1,000

*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

Tabela 12 – Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e as variáveis ambientais dos tratamentos sol e sombra

Matriz de correlação						
Sol	Temperatura média	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Umidade Relativa	Velocidade do Vento	Radiação solar
IMS	0,061	0,171	-0,103	-0,112	-0,244	0,189
H₂O	0,709*	0,851*	0,302	-0,692*	-0,141	0,671*
FR	0,708*	0,892*	0,414	-0,559*	-0,141	0,615*
Fronte	0,637*	0,825*	0,250	-0,538*	-0,072	0,730*
Costela	0,576*	0,770*	0,235	-0,445	-0,027	0,718*
Garupa	0,584*	0,789*	0,243	-0,424	-0,010	0,756*
Sombra						
IMS	-0,057	0,047	-0,191	-0,163	-0,504	-0,156
H₂O	0,622*	0,784*	0,209	-0,635*	-0,082	0,609*
FR	0,683*	0,886*	0,308	-0,490	-0,153	0,776*
Fronte	0,646*	0,823*	0,246	-0,551	-0,048	0,773*
Costela	0,670*	0,835*	0,320	-0,536*	0,025	0,762*
Garupa	0,650*	0,831*	0,300	-0,486	0,046	0,797*

*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

Dessa forma, à medida que a temperatura do ambiente se elevou houve uma adequação do gradiente térmico da temperatura de superfície corporal para favorecer a perda de calor para o ambiente, junto de um aumento da FR.

Mediante ao exposto Cunningham (2008) afirma que, o gradiente térmico pode ser alterado pelos fluxos sanguíneos cutâneos, trazendo o calor interno do

animal para superfície da pele via circulação sanguínea, o que eleva a temperatura da pele e aumenta a perda de calor.

Avaliação dos dados utilizados para a análise de componentes principais

Embora tenha sido possível estabelecer a ação dos fatores ambientais sobre as respostas fisiológicas na análise de componentes principais, na análise de variância com n amostral reduzido (n = 15 avaliações) não foi encontrado efeito de tratamento em nenhuma das variáveis fisiológicas (Tabela 13).

No entanto, a variável FR se apresentou novamente como um bom indicador do estado fisiológico dos animais. Sendo a única variável a apresentar tendência para o efeito de tratamento (P = 0,07). Deixando claro as diferentes exigências para manter o equilíbrio térmico nas condições de sol e sombra.

Tabela 13 – Médias dos parâmetros fisiológico e análise de variância dos tratamentos

Variáveis	Tratamentos		
	Sol	Sombra	P - valor
IMS, kg animal ⁻¹ dia ⁻¹	10,37	10,48	0,81
IH ₂ O, L animal ⁻¹ dia ⁻¹	39,67	36,81	0,19
FR, mov. min ⁻¹	42,37	37,76	0,07
TIV média da Fronte, °C	35,38	34,57	0,57
TIV média da Costela, °C	34,49	33,77	0,50
TIV média da Garupa, °C	34,44	33,95	0,64

Médias são significativamente diferentes para P < 0,05. Fonte: autoria própria.

Quarta etapa

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 14 o desempenho dos animais do tratamento sombra foi estatisticamente semelhante ao desempenho dos animais do tratamento sol. No entanto, quando este parâmetro foi avaliado em termos numéricos, os animais do tratamento sombra apresentaram as melhores respostas de desempenho.

O peso vivo inicial dos animais de ambos os tratamentos foi semelhante (P > 0,05). A média do peso vivo inicial dos animais do tratamento sol que foi de

448,26 ± 3,46 kg e do tratamento sombra que foi de 451,58 ± 3,39 kg, foram utilizadas como covariável para corrigir o ganho de peso médio diário.

O ganho médio diário corrigido, considerando o peso vivo inicial dos animais, foi de 1,47 kg para os animais do tratamento sol e de 1,55 kg para os animais do tratamento sombra ($P > 0,05$). Embora o valor encontrado não tenha sido significativo, os animais com acesso a sombra tiveram numericamente um ganho de 80 g dia⁻¹ a mais em relação aos animais do tratamento sol.

A conversão alimentar dos animais do tratamento sol e sombra também foram semelhantes (7,35±0,26 vs. 6,88±0,24, $P > 0,05$). Porém, numericamente, ao ingerir 470 g de matéria seca a menos para cada quilo peso vivo ganho, os animais com acesso a sombra demonstram uma conversão alimentar biologicamente melhor.

Avaliando o efeito da cobertura com plástico térmico de estufa no desempenho e conforto térmico de animais Zebu, Valadez-Noriega et al. (2019) obtiveram maior GMD, melhor conversão alimentar e menor IMS para os animais com cobertura, registrando para estas medidas os valores de 1,9 kg, 6,9 kg de IMS/kg de peso vivo e 13,4 kg de IMS, respectivamente.

Para os parâmetros de peso final (584,83±5,11 kg vs. 595,96±5,01 kg, entre sol e sombra), peso de carcaça quente (336,80±3,62 kg vs. 341,00±3,00 kg, entre sol e sombra) e peso de carcaça fria (332,10±3,61 kg vs. 336,10±2,98 kg, entre sol e sombra), não houve efeito de tratamento ($P > 0,05$). O que já era espera por não haver diferença no desempenho.

Dentro da mesma linha de raciocínio, numericamente, os resultados obtidos pelos animais com acesso a sombra se sobressaíram com relação aqueles obtidos no tratamento sol, na ordem de 11,13 kg, 4,2 kg e 4 kg para as características de peso vivo final, peso de carcaça quente e peso de carcaça fria, respectivamente.

O rendimento de carcaça que também foi semelhante entre os tratamentos, apresentou valores médios de 57,57 % para o tratamento sol e 57,23 % para o tratamento sombra. Sendo que ambos ficaram acima da média nacional. Pois, de acordo com a ABIEC, em 2019 o rendimento médio de carcaça foi de 51,3 a 53,4 % (ABIEC, 2020).

Tabela 14 – Médias, desvio padrão e análise de variância das variáveis de desempenho dos tratamentos

Variáveis	Tratamentos		P - valor
	Sol	Sombra	
PVI, kg	448,26 ±3,46	451,58 ±3,39	0,497
PVF, kg	584,83 ±5,11	595,96 ±5,01	0,127
PCQ, kg	336,80 ±3,62	341,00 ±3,00	0,371
PCF, kg	332,10 ±3,61	336,10 ±2,98	0,401
RC, %	57,57 ±0,27	57,23 ±0,23	0,336
CA, kg	7,35 ±0,26	6,88 ±0,24	0,190
GMD, kg	1,47 ±0,05	1,55 ±0,05	0,268

Médias são significativamente diferentes para $P < 0,05$. Fonte: autoria própria.

2.4 Conclusão

A partir do estudo desenvolvido foi possível concluir em primeiro lugar que, o nível de estresse térmico foi suficiente para produzir aumentos significativos na FR e na temperatura de superfície corporal dos animais. Em segundo lugar, que a utilização da sombra artificial forneceu o suporte necessário para manter o equilíbrio fisiológico dos animais, frente às variações térmicas experimentadas durante o período de terminação em confinamento. Em terceiro lugar, que as termografias foram associadas positivamente entre si e com a temperatura do ar e, de forma negativa com a umidade relativa e o com vento. Justificando, portanto, que os animais com sombra tiveram a menor temperatura de superfície corporal devido ao tratamento. Em quarto lugar, que houve a alternância de turnos para compensar a ingestão não realizada no turno mais quente; e, por fim, que os índices de dias quentes e ondas de calor não indicaram um efeito claro da resposta do animal durante esses dias de avaliação. De modo que, novos estudos e novos índices de calor devem avaliados para bovinos da raça Nelore.

2.5 Referências Bibliográficas

- BAENA, M. M.; COSTA, A.C.; VIEIRA, G. R.; ROCHA, R. de F. B.; RIBEIRO, A. R. B.; IBELLI, A. M. G.; MEIRELLES, S. L. C.. Heat tolerance responses in a *Bos taurus* cattle herd raised in a Brazilian climate. **Journal of Thermal Biology**, [S.L.], v. 81, p. 162-169, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.02.017>.
- BARRETO, A. N.; BARIONI JUNIOR, W.; PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. C.; PEDROSO, A. F.; MARCONDES, C. R.; JACINTHO, M. A. C.; ROMANELLO, N.; SOUSA, M. A. P. de; COSTA, L. N.; GARCIA, A. R. Thermal comfort and behavior of beef cattle in pasture-based systems monitored by visual observation and electronic device. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.L.], v. 253, p. 105687, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105687>.
- BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; HAHN, G. L.; NIENABER, J. A.; MADER, T. L.; SPIERS, D. E.; PARKHURST, A. M.. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. **International Journal of Biometeorology**, [S.L.], v. 49, n. 5, p. 285-296, 11 jan. 2005a. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-004-0250-2>.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L.. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: analyses of indicators. **Biosystems Engineering**, [S.L.], v. 90, n. 4, p. 451-462, abr. 2005b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006>.
- BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Brazilian Journal of Animal Science**.47: e2016414, 2018, p.1-9. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>.
- EDWARDS-CALLAWAY, L.N.; CRAMER, M.C.; CADARET, C.N.; BIGLER, E.J.; ENGLE, T.E.; WAGNER, J.J.; CLARK, D.L.. Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. **Journal of Animal Science**. 99, 2, p.1-20, 2021.
- ETCCDI - EXPERT TEAM ON CLIMATE CHANGE DETECTION AND INDICES. Climate Change Indices: definitions of the 27 core indices. 2020. This web site is created and maintained by Xuebin Zhang under the auspices of ETCCDI. Disponível em: http://etccdi.pacificclimate.org/indices_def.shtml. Acesso em: 14 set. 2022.
- CARDOSO, C.C. et al. Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. **Livestock Science**, [s.l.], v. 182, p.83-92, dez. 2015. Elsevier BV.
- CASTRO JÚNIOR, S. L. de; SILVA, I. J. O. da. The specific enthalpy of air as an indicator of heat stress in livestock animals. **International Journal of Biometeorology**, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 149-161, 23 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-020-02022-8>.
- CHANG-FUNG-MARTEL, J., HARRISON, M.T., BROWN, J.N. et al. Negative relationship between dry matter intake and the temperature-humidity index with increasing heat stress in cattle: a global meta-analysis. **International Journal of Biometeorology**, v. 65, 2099–2109 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02167-0>.
- CHIZZOTTI, M. L.; MACHADO, F.S.; VALENTE, E.E.L.; PEREIRA, L.G.R.; CAMPOS, M.M.; TOMICH, T.R.; COELHO, S.G.; RIBAS, M.N.. Technical note: validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy

cattle. **Journal of Dairy Science**, [S.L.], v. 98, n. 5, p. 3438-3442, maio 2015. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8925>.

COLLIER, R. J. et al. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation, **Animal Frontiers**, Volume 9, Issue 1, January 2019, Pages 12–19, <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>.

COSTA, C. C. de M.; MAIA, A. S. C.; NASCIMENTO, S. T.; NASCIMENTO, C. C. N.; CHIQUITELLI NETO, M.; FONSÊCA, V. de F. C.. Thermal balance of Nelore cattle. **International Journal of Biometeorology**, [S.L.], v. 62, n. 5, p. 723-731, 18 abr. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-017-1349-6>.

CURTIS, A.K.; SCHARF, B.; EICHEN, P.A.; SPIERS, D.e.. Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. **Journal of Thermal Biology**, [S.L.], v. 63, p. 104-111, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.11.015>.

GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; LISLE, A.. A new heat load index for feedlot cattle1. **Journal of Animal Science**, [S.L.], v. 86, n. 1, p. 226-234, 1 jan. 2008. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0305>.

GRANDIN, T (ed.). Improving animal welfare: a practical approach, 3 ed. Boston, MA:CABI, p.1-713, 3ed., 2021.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

HAHN, G. L. et al. **Thermal indices and their applications for livestock environments**. [S.I.]: Ed. Livestock Energetics and Thermal Environmental Management, 2009. 17 f. ISBN1-892769-74-3.

HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, [S.L.], v. 82-83, p. 349-360, jul. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.

HONGYU, K. et al. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *ES Engineering and Science*, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.

INMET- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Monitoramento climático: gráficos climatológicos do estado de São Paulo, estação São Carlos (83726). Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2022.

IPCC, 2018: **Global Warming of 1.5°C**. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 616 p.,2018. doi:10.1017/9781009157940.

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, [s.l.], v. 15, n. 3, p.259-263, 10 jul. 2006. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.

LIMA, S. B. G. P. N. P.; STAFUZZA, N. B.; PIRES, B. V.; BONILHA, S.F. M.; CYRILLO, J. N. S. G.; NEGRÃO, J. A.; PAZ, C. C. P. Effect of high temperature on physiological parameters of Nelore (*Bos taurus indicus*) and Caracu (*Bos taurus taurus*) cattle breeds. **Tropical**

Animal Health and Production, [S.L.], v. 52, n. 5, p. 2233-2241, 3 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-020-02249-y>.

MADHUSOODAN, A. P. et al. Resilient capacity of cattle to environmental challenges – An updated review. **Journal of Animal Behaviour And Biometeorology**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 104-118, 2019. JABB - Journal of Animal Behaviour and Biometeorology. <http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p104-118>.

MAIA, A. S. C. et al. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, [S.L.], v. 50, n. 1, p. 17-22, 29 abr. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-005-0267-1>.

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**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.173-181, 13 jun. 2016. Springer Nature.

MCMANUS, C. et al. Heat tolerance in naturalised cattle in Brazil: physical factors. **Archivos de zootecnia**, v. 54, n. 206, p. 453-458, 2005.

MCMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G.R.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI, H.; MARIANTE, A.S.. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, [S.L.], v. 120, n. 3, p. 256-264, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.014>.

MENDES, E. D. M.; CARSTENS, G. E.; TEDESCHI, L. O.; PINCHAK, W. E.; FRIEND, T. H.. Validation of a system for monitoring feeding behavior in beef cattle¹. **Journal of Animal Science**, [S.L.], v. 89, n. 9, p. 2904-2910, 1 set. 2011. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3489>.

MITLÖHNER, F. M. et al. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2327-2335, 2001.

MITLÖHNER, F. M.; GALYEAN, M. L.; MCGLONE, J. J. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 8, p. 2043-2050, 2002.

MORIGNAT, E.; GAY, E.; VINARD, J.-L.; SALA, C.; CALAVAS, D.; HÉNAUX, V.. Impact of heat and cold waves on female cattle mortality beyond the effect of extreme temperatures. **Journal of Thermal Biology**, [S.L.], v. 78, p. 374-380, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.11.001>.

MORMÈDE, P. et al. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. **Physiology & behavior**, v. 92, n. 3, p. 317-339, 2007.

MOURA, G. A. B.; COSTA, C. C. de M.; FONSÊCA, V. de F. C.; WIJFFELS, G.; CASTRO, P. A.; CHIQUITELLI NETO, M.; MAIA, A. S. C.. Are crossbred cattle (F1, *Bos indicus* x *Bos taurus*) thermally different to the purebred *Bos indicus* cattle under moderate conditions? **Livestock Science**, [S.L.], v. 246, p. 104457, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104457>.

OLIVEIRA JUNIOR, B.R.; RIBAS, M.N.; MACHADO, F.s.; LIMA, J.A.M.; CAVALCANTI, L.F.L.; CHIZZOTTI, M.L.; COELHO, S.G.. Validation of a system for monitoring individual

feeding and drinking behaviour and intake in young cattle. **Animal**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 634-639, 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731117002002>.

PEREIRA, A. M. F.; TITTO, E. A. L.; ALMEIDA, J. A. A. **Adaptação dos ruminantes aos climas quentes**. 1. ed. Curitiba :Appris, 2019. 187p.

PEREIRA, A. M. F.; BACCARI, F.; TITTO, E. A. L.; ALMEIDA, J. A. A. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. **International Journal of Biometeorology**, [S.L.], v. 52, n. 3, p. 199-208, 20 jun. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-007-0111-x>.

PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V.. On the Measurement of Heat Waves. **Journal of Climate**, [S.L.], v. 26, n. 13, p. 4500-4517, 1 jul. 2013. American Meteorological Society. <http://dx.doi.org/10.1175/jcli-d-12-00383.1>.

PERKINS, S. E. A review on the scientific understanding of heatwaves—Their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. **Atmospheric Research**, [S.L.], v. 164-165, p. 242-267, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.05.014>.

PIRES, B.V. et al. Differential expression of heat shock protein genes associated with heat stress in Nelore and Caracu beef cattle. **Livestock Science**, [s.l.], v. 230, p.103839-92, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103839>.

REECE, William O. et al. (Ed.). **Dukes' physiology of domestic animals**. John Wiley & Sons, 2015.

SALLES, M. S. V.; SILVA, S. C. da; SALLES, F. A.; ROMA, L. C.; FARO, L. E.; LEAN, P. A. B. M.; OLIVEIRA, C. E. L. de; MARTELLO, L. S. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, [S.L.], v. 62, p. 63-69, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.10.003>.

SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Realease 9.4, 2016.

SILVA, R. G. da. **Introdução a bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000.

SPIERS, D.E; et al. Strategic application of convective cooling to maximize the thermal gradient and reduce heat stress response in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, [S.L.], v. 101, n. 9, p. 8269-8283, set. 2018. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-14283>.

STAMMER, D. et al. Science Directions in a Post COP21 World of Transient Climate Change: enabling regional to local predictions in support of reliable climate information. **Earth's Future**, [S.L.], v. 6, n. 11, p. 1498-1507, nov. 2018. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2018ef000979>.

SULLIVAN, K. F.; MADER, T. L.. Managing Heat Stress Episodes in Confined Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 325-339, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.05.001>.

TAYLOR, N. A.S. et al. Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of Thermal Biology*, [S.L.], v. 46, p. 72-101, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.10.006>.

THORNTON, P.; NELSON, G.; MAYBERRY, D.; HERRERO, M.. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. **Global Change Biology**, [S.L.], v. 27, n. 22, p. 5762-5772, 19 ago. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15825>.

VALADEZ-NORIEGA, M.; MÉNDEZ-GÓMEZ-HUMARÁN, M. C.; RAYAS-AMOR, A. A.; SOSA-FERREYRA, C. F.; GALINDO, F.; MIRANDA-DE LA LAMA, G. C. Effects of greenhouse roofs on thermal comfort, behavior, health, and finishing performance of commercial zebu steers in cold arid environments. **Journal of Veterinary Behavior**, [S.L.], v. 35, p. 54-61, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2019.10.012>.

VAN LAER, E.; MOONS, C.P.H.; AMPE, B.; SONCK, B.; VANDAELE, L.; CAMPENEERE, S. de; TUYTTENS, F.A.M.. Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. *Animal*, [S.L.], v. 9, n. 9, p. 1536-1546, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731115000804>.

VITALI, A.; FELICI, A.; ESPOSITO, S.; BERNABUCCI, U.; BERTOCCHI, L.; MARESCA, C.; NARDONE, A.; LACETERA, N.. The effect of heat waves on dairy cow mortality. **Journal of Dairy Science**, [S.L.], v. 98, n. 7, p. 4572-4579, jul. 2015. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9331>.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Climatological Practices** Geneva, 2018. (WMO-No. 100). ISBN 978-92-63-10100-6.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Global annual to decadal climate update**. Target years:2022 and 2022-2026. 24 p., 2022. Disponível em : https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/WMO_GADCU_2022-2026.pdf .Acesso em: 14 set. 2022.

3. Capítulo 2 – O comportamento de bovinos da raça Nelore em confinamento com e sem sombra artificial

3.1 Introdução

O confinamento de animais se enquadra dentro de uma situação de desafio em razão do enfrentamento de ambiente não natural que impõem limitações aos instintos naturais dos animais e ao seu bem-estar, propondo novas experiências sensoriais em benefício da produtividade zootécnica.

Neste contexto, portanto, a oferta de sombra pode ser empregada com a finalidade de livrar um indivíduo do estado fisiológico de desconforto ou com finalidade de aprimorar o bem-estar. Na produção animal de bovinos taurinos, de corte e leite, o uso da sombra tem sido bastante avaliado, com resultados positivos no desempenho dos animais (DAVISON et al., 2016; GAUGHAN et al., 2010; MITLÖHNER; GALYEAN e MCGLONE, 2002).

Porém, para a produção do gado de corte de animais zebuínos, como os Nelores, essa questão se depara com ideias divergentes. Por um lado, o uso da sombra deve ser oferecido por direito à liberdade de não sentir desconforto e de expressar comportamentos naturais; mas por outro lado, a não oferta de sombreamento em confinamentos, especialmente, está pautada na maior tolerância térmica dos Nelores, permitindo interpretações secundárias que justificam para muitos o não emprego de sombra.

Neste sentido, a comunidade científica tem conhecimento da dificuldade de definir e caracterizar o bem-estar animal (MELLOR, 2016), e reconhece que ações visando duplo propósito de produtividade e bem-estar, apresentam *trade-offs* que podem ser vantajosos para ambas as partes, neutro ou até mesmo prejudicial ao bem-estar (CHRISTENSEN; DENVER e SANDØE, 2019). O que indica que o resultado de uma prática nem sempre acaba como o esperado.

No entanto, o fato é que o abrigo à sombra é considerado uma medida essencial para o bem-estar dos animais de criação em áreas onde a temperatura ambiente típica durante o verão excede 24 °C e o THI excede 70 (SILANIKOVE, 2000).

Alguns comportamentos oferecem suporte primário para o alívio térmico. Gaughan et al., (2019) afirma que a busca pela sombra é a resposta comportamental mais imediata em animais com stress térmico.

Segundo Lees et al. (2019) o gado bovino utiliza uma série de comportamentos adaptativos para reduzir a carga de calor, tais como o aumento do tempo gasto em áreas de sombra; o aumento da busca por sombra, que inclui a sombra de outros animais; o alinhamento do corpo para reduzir a exposição a luz solar e a alteração de postura, incluindo a duração do tempo em pé; e, que ao lado de outras observações a respeito do nível IMS e de ruminação (SULLIVAN e MADER, 2018), promovem um valioso entendimento do calor que está sendo experienciado pelo animal.

Os autores Sullivan e Mader (2018) acrescentam ainda, que quando o gado não consegue lidar com essas condições excessivamente quentes, apresentam a boca aberta, respiração difícil, salivação excessiva, incapacidade de se mover, colapso, convulsões, coma, falha fisiológica e a morte.

Em relação aos comportamentos posturais de bovinos confinados, Blaine e Nsahlai (2010) observaram que para cada aumento de 1 °C na temperatura ambiente do sistema de produção sem sombra, a proporção de animais em pé aumentou em 1,36 %, enquanto a proporção dos animais que se deitam diminuiu em 1,28 %.

Adicionalmente, para que a sombra contribua com um bom bem-estar é preciso que muitos parâmetros sejam atendidos. Pois, o estado de bem-estar animal indica como o animal está lidando (fisiologicamente, comportamentalmente, cognitivamente e emocionalmente) com as condições nas quais ele vive (HAVE e NEVES, 2021). Portanto, para atingi-lo é necessário levar em conta a realização de outros comportamentos naturais além daqueles relacionados as necessidades fisiológicas de comer e beber (RYAN; WATERS e WOLFENSOHN, 2021). “Os comportamentos naturais são comportamentos que os animais tendem a exibir em condições naturais, pois são comportamentos prazerosos e promovem o funcionamento biológico (BRACKE e HOPSTER, 2006)”.

Por outro lado, a expressão destes comportamentos naturais/fisiológicos tem uma grande relação com o ambiente ao qual o animal está submetido. Especificamente sobre o ambiente climático, Brown-Brandl et al. (2005) observaram mudanças no comportamento alimentar de bovinos confinados com e sem sombreamento artificial em diferentes categorias de conforto térmico. Os autores observaram que os animais em maior risco de conforto térmico (classificados na categoria emergência) compensaram a temperaturas altas com refeições menores e

mais frequentes e, também mudaram o período de consumo para as horas mais frias do dia.

Estudando a associação entre conforto térmico no gado de leite e o comportamento de ingestão hídrica McDonald, Von Keyserlingk e Weary (2020) encontraram mudanças comportamentais no mesmo sentido. Com o aumento do índice de temperatura e umidade os autores observaram que as vacas bebem mais água, gastam mais tempo para beber, fazem mais visitas ao bebedouro e competem mais pelo recurso, fazendo com que animais menos dominantes mude o seu comportamento de ingestão hídrica, para evitar os horários mais quentes e mais competitivos.

Embora exista evidências sobre a importância do sombreamento ou de proporcionar ambiente com melhores recursos, poucos estudos avaliam o comportamento de *Bos indicus* em condições de sombra em confinamentos. Com isso, a obtenção de respostas comportamentais de animais da raça Nelore poderá preencher essas lacunas, com informações para orientar os períodos de manejos adequados ou para auxiliar no processo de tomada de decisão nos sistemas de bovinos confinados. Mediante o exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da sombra artificial para bovinos da raça Nelore em sistema confinado a partir da expressão de comportamentos naturais em grau de intensidade, duração e incidência.

3.2 Material e Métodos

Todos os procedimentos adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP (CEUA/FZEA), a qual certificou o uso dos animais de acordo com o protocolo N. 5011140119.

Arranjo experimental e tratamentos

O estudo foi realizado sistema de confinamento de bovinos de corte da Embrapa Pecuária Sudeste, localizada no município de São Carlos (21 ° 57 ' 42 " S, 47 ° 50 ' 28 " W, 860 m), Estado de São Paulo, Brasil.

O experimento foi conduzido entre setembro de 2019 e dezembro de 2019. O clima é classificado como tropical, Cwa (KÖTTEK et al., 2006). O período do ano em que o experimento foi conduzido refere-se à estação da primavera. A temperatura diária foi medida pela estação meteorológica da Embrapa. A temperatura média foi de 23 °C. A temperatura máxima foi de 35,5 °C e a mínima de 12,4 °C.

Foram utilizados 47 bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso médio inicial de $450 \pm 16,3$ kg e 23 meses de idade. Os animais foram divididos em dois tratamentos experimentais: animais confinados sem acesso a sombra (Tratamento Sol, n = 23) e confinados com sombra artificial (Tratamento Sombra, n = 24). Cada tratamento foi composto por duas repetições. Todas as baias foram ocupadas com doze animais, exceto uma baia do tratamento sol que recebeu a lotação de 11 animais. Para o alojamento dos animais foram utilizadas quatro baias de 400 m² constituídas de piso de terra.

Durante o experimento os animais tiveram acesso ad libitum a alimentação e água. A dieta fornecida foi composta por bagaço de cana-de-açúcar, milho em grão moído, farelo de soja e suplemento mineral e vitamínico. A reposição do alimento foi efetuada quatro vezes ao dia, às 7, 11, 14 e 16 horas.

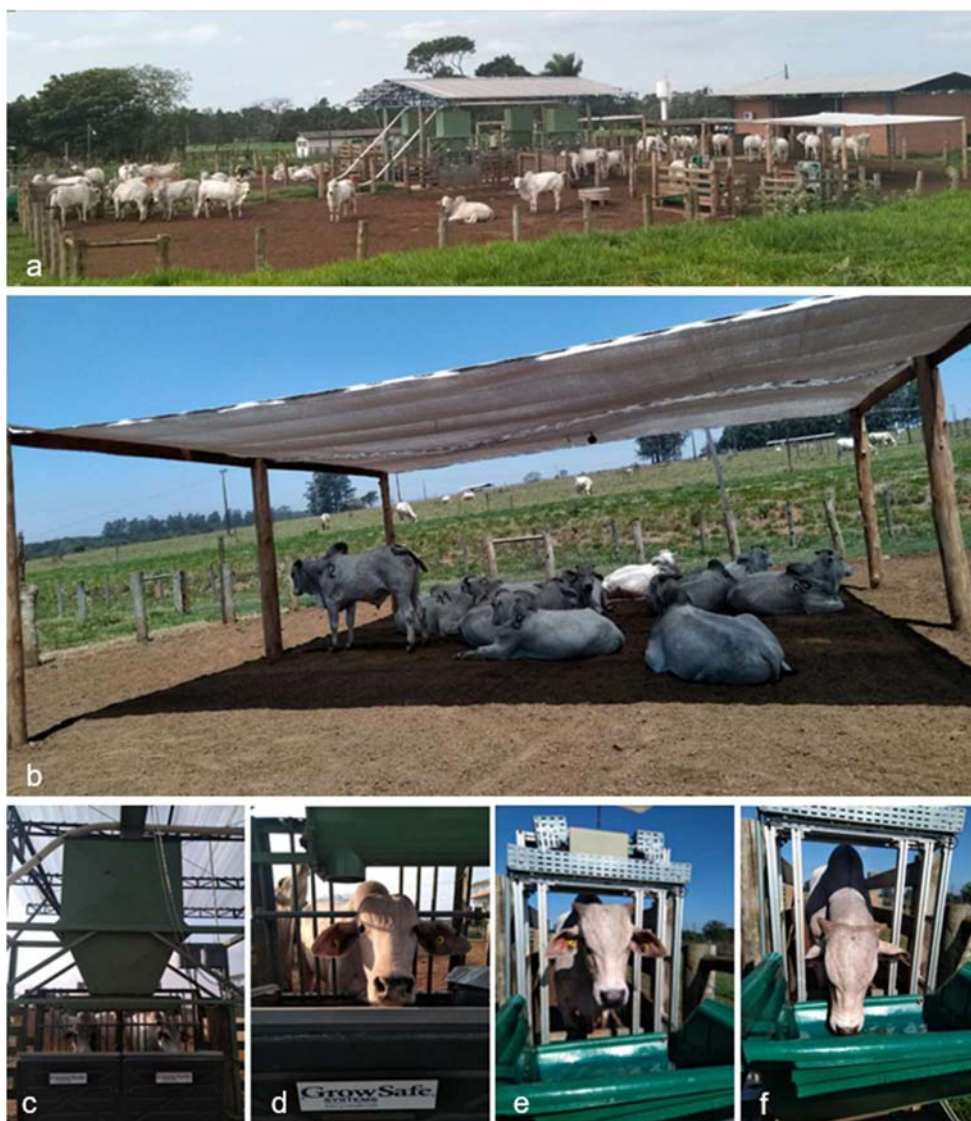
Para a mensuração individual dos consumos cada baia foi composta por um bebedouro (Intergado™). e dois cochos (GrowSafe™). Cada animal recebeu uma etiqueta eletrônica em cada orelha para possibilitar a identificação nos equipamentos.

A estrutura de sombreamento artificial (Figura 1) foi fixada ao solo por mourões de madeira a 1 m de profundidade e construída no sentido leste oeste,

totalizando 72 m² com altura uniforme de 3 m. A área de cobertura ocupou 18 % da baia e forneceu 6 m² de sombra artificial por animal (ANDREWS et al., 2004). Para a cobertura foi utilizado um material constituído de malha metalizada aberta com taxa de sombreamento de 80 % (Aluminet™ O 80). O software SketchUp™ foi utilizado para fazer a modelagem 3D da estrutura e simular o deslocamento da sombra ao longo dos meses a partir das coordenadas de geolocalização.

Neste estudo, considerando o horário das 6 h às 17 h, os bovinos foram expostos as condições ambiente com temperaturas mínimas de 19,25 °C e máximas de 30,23 °C, com radiação solar variando de 68,14 W m⁻² a 830,59 W m⁻² dependendo da hora.

Figura1- Estrutura do confinamento para os tratamentos sol e sombra



Legenda: a - baias com sombra à direita e baias sem sombra à esquerda; b - estrutura da baia com sombra; c - comedouro; d - animal comendo; e - bebedouro; f - animal bebendo. Fonte: autoria própria.

Observação comportamental

A avaliação do comportamento alimentar foi realizada por amostragem Scan preconizado por Altmann (1974) e empregada por Valadez-Noriega et al. (2020). Os registros comportamentais foram realizados em três períodos, do início, meio e fim do experimento, em três dias consecutivos, totalizando 9 dias de observação focal. Os intervalos de observação ocorreram a cada 15 min durante as horas de luz do dia (das 6 h às 17 h e 59 min), totalizando 108 horas de observações com 20.304 dados avaliados.

Portanto, os comportamentos naturais foram avaliados conforme as definições a seguir. Comendo foi definido como animal em pé com a cabeça no cocho de alimentação (MITLÖHNER et al., 2002); bebendo, tal como a ingestão de sólido, foi definida como animal em pé com a cabeça no bebedouro; ruminando foi definido como animal, enquanto na postura em pé ou deitada, remastigando o bolo alimentar após o ato de regurgitação (OLIVEIRA et al., 2021); ócio foi definido como ausência dos demais comportamentos observados, sendo o estado onde o animal não apresenta nenhum tipo de ação quando em pé ou deitado (OLIVEIRA et al., 2021); urinando foi definido como animal em pé vertendo urina voluntariamente (MIOTTO et al., 2014); explorando foi definido como animal analisando o território e efetuando experiências sensoriais; socializando foi definido como animal interagindo socialmente sem agressões.

Para o auxílio na identificação, foi pintada uma numeração na lateral do corpo próxima a região da costela e, previamente os animais foram acostumados com a movimentação humana ao redor das baias para garantir que a presença humana não fosse um fator de interferência nas avaliações. Os observadores humanos receberam treinamento para interpretar os comportamentos e registrá-los no etograma. Os registros comportamentais foram identificados de forma binária, utilizando (1) para confirmar realização da ação comportamental e (0) para negar a realização da ação comportamental. Sendo o valor (1) computado como 15 minutos daquela atividade registrada.

Análise Estatística

Os dados de comportamento foram submetidos às técnicas estatísticas de modelos lineares generalizados (GLM). O software de análise estatística dos dados foi o SAS (SAS, 2016).

Para os dados de avaliação do comportamento dos animais nas atividades em pé, deitado, comendo, bebendo, ruminando, socializando, explorando, urinando e ócio foi criado uma nova variável proporção dada pela equação (1):

$$P = x/n \quad (1)$$

Onde:

x = o número de animais realizando o comportamento em uma das respectivas atividades, no tratamento sol ou sombra, dentro de cada hora (1 a 12) do dia, num período de nove dias (1 a 9) de observação (repetição).

n: número total de animais (Sol n=23 e Sombra n=24).

Os dados de proporção “p=x/n” de animais nas atividades em pé, deitado, comendo, bebendo, ruminando, socializando, explorando, urinando e ócio, foram submetidos a uma análise de variância pelo procedimento GLM do SAS (SAS, 2016), considerando nos modelos os efeitos de Tratamento ($T_{i=1}$: Sol e $T_{i=2}$: Sombra); Hora (H_j : $j=1, \dots, 12$) e a interação Tratamento (T_i) e Hora (H_j). As comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de $p \leq 5\%$. As variáveis de proporção sofreram Transformação Angular ($\text{Arcsen}(\sqrt{p})$).

O modelo estatístico para as variáveis comportamentais é dado pela equação (2):

$$y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + (T^*H)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

em que:

$i=1,2$: Tratamento; $j=1, \dots, 12$: Horas e $k=1, \dots, 9$: dias (repetição)

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente proporção, nas respectivas atividades, no tratamento i , na hora j e no dia k .

$T_i, H_j, (T^*H)_{ij}$ = respectivamente, efeito fixo do tratamento i ; efeito fixo da hora j e efeito da interação do tratamento i com o hora j .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no tratamento i , na unidade experimental dia k e na hora j , considerado o erro geral do modelo.

Os dados de proporção de animais “ $p=x/n$ ”, considerando apenas o tratamento sombra, nas atividades em pé, deitado, comendo, bebendo, ruminando, socializando, explorando, urinando e ócio, foram submetidos a uma análise de variância pelo Procedimento GLM do SAS (SAS, 2016), considerando nos modelos os efeitos na condição de Local ($L_{i=1}$: Sol e $L_{i=2}$: Sombra), Hora (H_j : $j=1$ a 12) e a interação Local (L_i) e Hora (H_j). Foram utilizados 24 animais do tratamento sombra, ambos da raça Nelore. As comparações de medias foram realizadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de $p \leq 5\%$. As variáveis de proporção sofreram Transformação Angular ($\text{Arcsen}(\sqrt{p})$).

O modelo estatístico para as variáveis comportamentais é dado pela equação (3):

$$y_{ijk} = \mu + L_i + H_j + (L^*H)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

em que:

$L=1,2$: Local; $j=1, \dots, 12$: Horas e $k=1, \dots, 9$: Dias (repetição)

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente proporção na condição de sombra, nas respectivas atividades, no local i , na hora j e no dia k .

$L_i, H_j, (L^*H)_{ij}$ = respectivamente, efeito fixo do local i ; efeito fixo da hora j e efeito da interação do local i com o hora j .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no local i , na unidade experimental dia k e na hora j , considerado o erro geral do modelo.

Os dados do tempo médio (minutos) que os animais ficaram nas atividades em pé, deitado, comendo, bebendo, ruminando, socializando, explorando, urinando e ócio, foram submetidos a uma análise de variância pelo Procedimento GLM do SAS (SAS, 2016), considerando nos modelos os efeitos de Tratamento ($T_{i=1}$: Sol e $T_{i=2}$: Sombra); Hora (H_j : $j=1, \dots, 12$) e a interação Tratamento (T_i) e Hora (H_j). Para comparação múltipla de médias usou-se teste de Tukey (adjust Tukey), ao nível de significância de $p \leq 5\%$.

O modelo estatístico para as variáveis de tempo é dado pela equação (4):

$$y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + (L^*H)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (4)$$

em que:

$i=1,2$: Tratamento; $j=1, \dots, 12$: Horas e $k=1, \dots, 9$: Dias (repetição)

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente proporção, nas respectivas atividades, no Tratamento i , na hora j e no dia k .

T_i , H_j , $(T^*H)_{ij}$ = respectivamente, efeito fixo do tratamento i ; efeito fixo da hora j e efeito da interação do tratamento i com o hora j .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no tratamento i , na unidade experimental dia k e na hora j , considerado o erro geral do modelo.

Os dados do tempo médio (minutos), considerando apenas o tratamento sombra, que os animais ficaram nas atividades em pé, deitado, comendo, bebendo, ruminando, socializando, explorando, urinando e ócio foram submetidos a uma análise de variância pelo procedimento GLM do SAS (SAS, 2016), considerando nos modelos os efeitos na condição de Local ($L_{i=1}$: Sol e $L_{i=2}$: Sombra), Hora (H_j : $j=1$ a 12) e a interação Local (L_i) e Hora (H_j). Foram utilizados 24 animais do tratamento sombra, ambos da raça Nelore. As comparações de medias foram realizadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de $p \leq 5\%$. As variáveis de proporção sofreram Transformação Angular ($\text{Arcsen}(\sqrt{p})$).

O modelo estatístico para as variáveis tempo é dado pela equação (5):

$$y_{ijk} = \mu + L_i + H_j + (L*H)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (5)$$

em que:

$i=1,2$: Local; $j=1,\dots,12$: Horas e $k=1,\dots,9$: Dias (repetição)

μ = efeito médio global.

y_{ijk} = valor observado da variável dependente proporção na condição de sombra, nas respectivas atividades, no local i , na hora j e no dia k .

L_i , H_j , $(L*H)_{ij}$ = respectivamente, efeito fixo do local i ; efeito fixo da hora j e efeito da interação do local i com o hora j .

ε_{ijk} = efeito aleatório associado a variável dependente no local i , na unidade experimental dia k e na hora j , considerado o erro geral do modelo.

As variáveis ambientais foram coletadas da estação meteorológica automática da Embrapa Pecuária Sudeste (21 ° 57 ' 42 " S, 47 ° 50 ' 28 " W, 860 m). Os dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e do índice temperatura e umidade (THI), dado pela equação (6), foram submetidos a uma análise estatística descritiva univariada (Média, Desvio Padrão, Máximo e Mínimo). Foram construídos gráficos de linha dos perfis de temperatura, THI e das variáveis de comportamento em relação às horas (1 a 12), para os dados dos tratamentos sol e sombra. Os gráficos de perfis foram realizados com os dados de comportamento (proporção e tempo) e considerando a proporção e tempo, simplesmente referente ao tratamento sombra, nas respectivas atividades.

$$THI = 0,8 \times Ta + \left[\left(\frac{UR}{100} \right) \times (Ta - 14,4) \right] + 46,4 \quad (6)$$

Onde: Ta é a temperatura ambiente (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Os valores de THI foram baseados em Thom (1959), categorizados em quatro grupo e classificado de acordo com Associated Livestock Weather Safety Index (LWSI; LCI, 1970) (Normal ≤ 74 , Aleta 75 -78, Perigo 79 - 83 e Emergência ≥ 84).

3.3 Resultados e Discussão

A quantidade de animais realizando os comportamentos

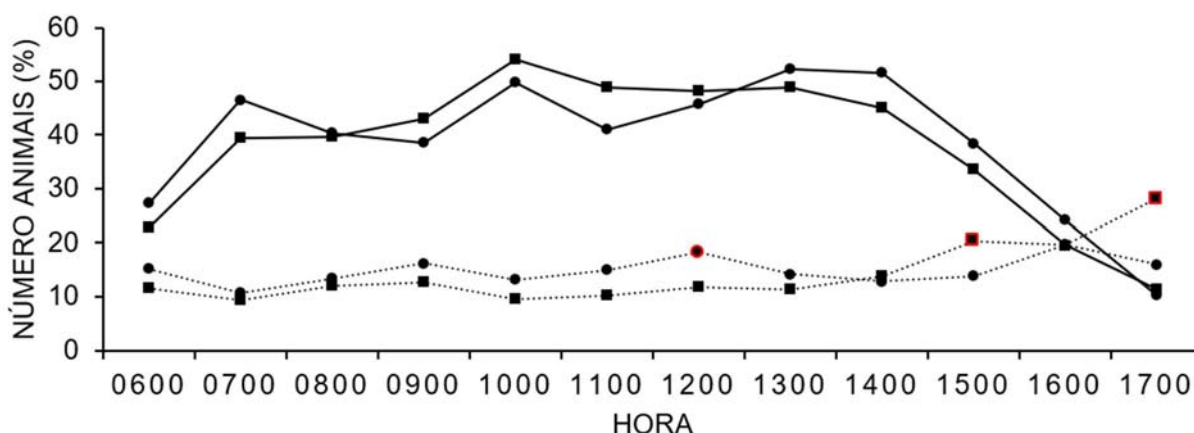
Não houve efeito de tratamentos no percentual de animais executando cada um dos comportamentos ($P > 0,05$) (Tabela 1). No entanto, houve efeito ($P < 0,05$) da interação tratamento*hora para o percentual de animais sobre os comportamentos ócio em pé (Figura 2), comendo e bebendo (Figura 3). Não foi observado efeito de tratamento, hora e interações para a proporção de animais urinando.

Tabela 1 – Percentual de animais realizando os comportamentos por hora (%)

Comportamento	Tratamento		P - valor		
	Sol	Sombra	Tratamento	Hora	Trat*Hora
Em pé	50,21 ± 1,49	51,00 ± 1,49	0,7081	<0,0001	0,3308
Deitado	49,78 ± 1,49	49,00 ± 1,49	0,7116	<0,0001	0,3338
Ruminando em pé	3,16 ± 0,41	3,82 ± 0,41	0,0756	0,0518	0,1464
Ruminando deitado	10,36 ± 0,64	10,26 ± 0,64	0,9168	<0,0001	0,1932
Socializando	10,70 ± 0,63	11,01 ± 0,63	0,7316	<,0001	0,0613
Explorando	8,00 ± 0,52	8,76 ± 0,52	0,3094	<,0001	0,1372
Urinando	0,80 ± 0,09	0,75 ± 0,09	0,7396	0,1737	0,398
Ócio em pé	14,87 ± 0,68	14,20 ± 0,68	0,2793	<,0001	0,0114
Ócio deitado	38,81 ± 1,29	37,89 ± 1,29	0,6127	<0,0001	0,8154
Comendo	12,02 ± 0,34	12,01 ± 0,34	0,7432	<0,0001	0,0004
Bebendo	1,42 ± 0,11	1,40 ± 0,11	0,8950	0,0155	0,0406

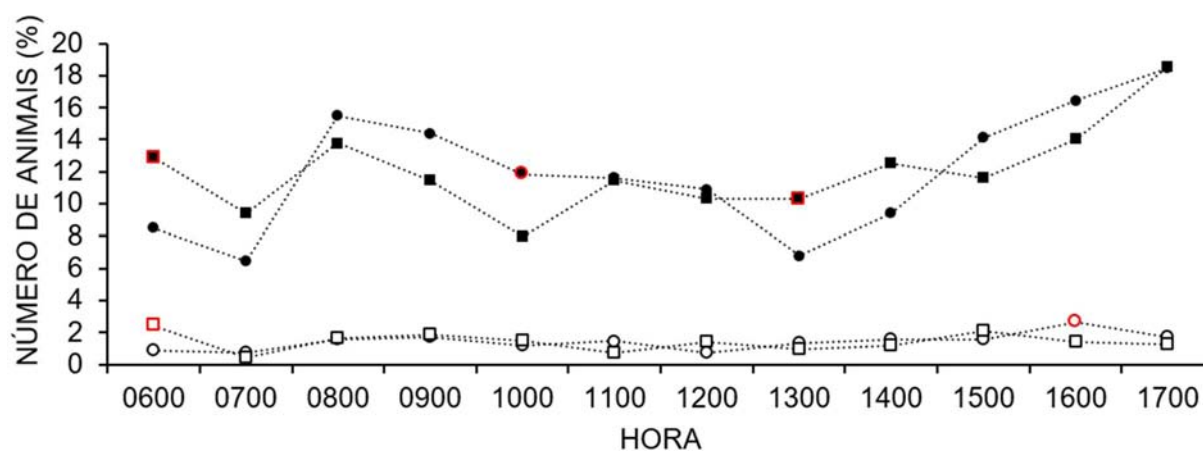
*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 2– Percentual de animais do tratamento sol e sombra realizando o comportamento ócio (em pé e deitado) por hora



Legenda: Linha sólida com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sol (n = 23) em ócio deitado e linha sólida com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) em ócio deitado. Linha pontilhada com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sol (n = 23) em ócio em pé e linha pontilhada com marcador quadrado representa percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) em ócio em pé. Destaques em vermelho indicam diferença entre os tratamentos (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 3 – Percentual de animais do tratamento sol e sombra realizando os comportamentos comendo e bebendo por hora



Legenda: Linha pontilhada com marcador circular preto representa o percentual de bovinos do tratamento sol (n = 23) comendo e linha pontilhada com marcador quadrado preto representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) comendo. Linha pontilhada com marcador circular branco representa o percentual de bovinos do tratamento sol (n = 23) bebendo e linha pontilhada com marcador quadrado branco o representa percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) bebendo. Destaques em vermelho indicam diferença entre os tratamentos (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Tempo de execução dos comportamentos

Não foi observada diferença entre tratamentos na duração média de execução dos comportamentos (P > 0,05). Porém, o fator hora, que representou a variação das condições do ambiente neste trabalho, influenciou a duração de todos os

comportamentos ($P < 0,05$), com exceção do comportamento urinando (Tabela 2). Houve efeito de interação entre tratamento e hora para todos os comportamentos, com exceção do comportamento urinando ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Tempo médio de realização dos comportamentos (minutos por hora)

Comportamento	Tratamento		P - valor		
	Sol	Sombra	Tratamento	Hora	Trat*Hora
Em pé	30,13±1,10	30,60±1,08	0,7598	<0,0001	<0,0001
Deitado	29,87±1,10	29,40±1,08	0,7628	<0,0001	<0,0001
Ruminando em pé	1,90±0,23	2,29±0,23	0,2332	<0,0001	0,0009
Ruminando deitado	6,21±0,34	6,16±0,33	0,9058	<0,0001	0,0002
Socializando	6,42±0,29	6,60±0,29	0,6546	<0,0001	<0,0001
Explorando	4,80±0,30	5,25±0,30	0,2894	<0,0001	<0,0001
Urinando	0,48±0,05	0,45±0,05	0,728	0,052	0,210
Ócio em pé	8,92±0,44	8,52±0,43	0,5155	<0,0001	<0,0001
Ócio deitado	23,29±0,70	22,73±0,69	0,5763	<0,0001	0,0001
Comendo	7,21±0,34	7,20±0,33	0,9912	<0,0001	0,0055
Bebendo	0,85±0,07	0,84±0,07	0,8983	0,0039	0,0461

*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

Embora tal resultado se apresente para os comportamentos ingestivos observados, para os comportamentos obtido com os cochos eletrônicos não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para o tempo de visita ao cocho e na porção consumida por visita (Tabela 3).

Tabela 3 – Respostas do comportamento ingestivo (média e erro padrão) por turno

Variáveis*	Tratamento		P-valor		
	Sol	Sombra	Tratamento	Turno	Trat*Turno
IMS por visita, g	315,79±15,98	313,81±15,64	0,929	<,0001	0,728
Duração por visita, min	2,77±0,18	2,61±0,18	0,550	<,0001	0,552

* foram definidos com base nas visitas ao cocho realizadas em quatro turnos diários com seis horas de duração e considerando a duração total de tempo no cocho com a cabeça erguida. Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

Desdobramento do tratamento sombra – dentro ou fora da condição de sombra

De acordo com os dados percentuais (Tabela 4) todos os comportamentos apresentaram efeito de local ($P < 0,05$). Como esperado, os resultados obtidos apresentaram maior número de animais para execução dos comportamentos realizados no sol do que na sombra. No entanto, os comportamentos em pé, ruminando em pé, socializando, explorando e ócio em pé apresentaram efeito ($P < 0,05$) para interação (Local * Hora). O que significa que dependendo da condição ambiente imposta pelas horas, existiu diferença no número de animais executando estes comportamentos na condição de sol ou sombra.

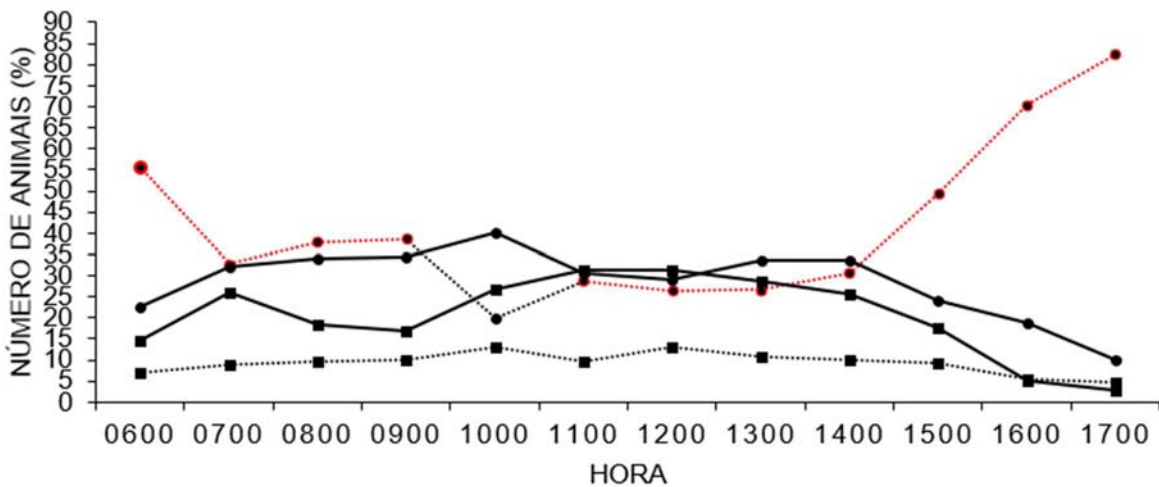
Tabela 4 – Percentuais de animais do tratamento sombra (%) realizando os comportamentos por hora, dentro ou fora da condição de sombra

Comportamento	Local		P - valor		
	Sol	Sombra	Local	Hora	Local*Hora
Em pé	41,68±1,09	9,33±1,09	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Deitado	28,56±1,59	20,44±1,59	0,0004	<0,0001	0,8239
Ruminando em pé	2,80±0,23	1,02±1,59	<0,0001	0,0123	0,0373
Ruminando deitado	5,93±0,49	4,33±0,49	0,0228	0,0003	0,987
Socializando	7,88±0,46	3,13±0,46	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Explorando	8,07±0,39	0,68±0,39	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Urinando	0,48±0,06	0,27±0,06	0,0207	0,5465	0,4692
Ócio em pé	9,47±0,46	4,73±0,46	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ócio deitado	22,27±1,24	15,62±1,24	0,0002	<0,0001	0,5929

*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

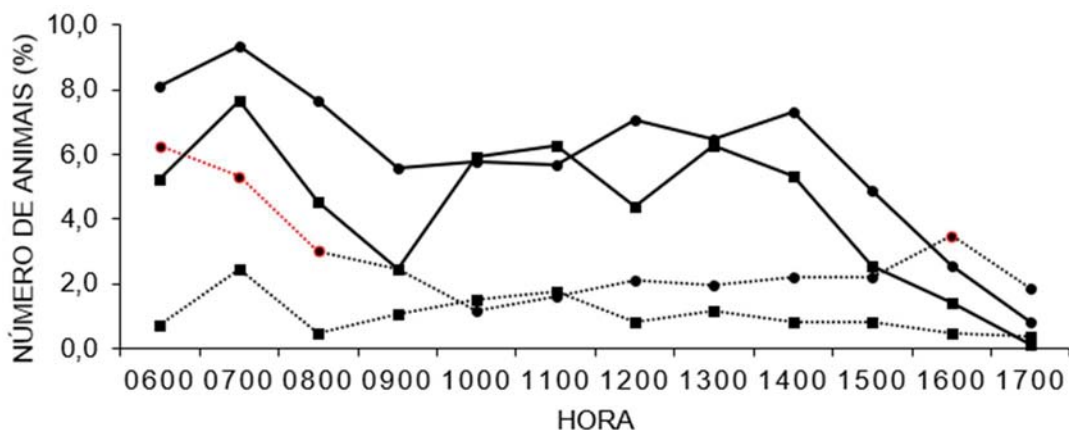
O desdobramento das interações entre local e hora, referente a análise do percentual de animais do tratamento sombra realizando os comportamentos dentro da condição de sol ou dentro da condição de sombra, foram detalhados a seguir, conforme observado nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

Figura 4 – Percentual de animais no tratamento sombra em pé e deitado dentro ou fora da condição de sombra



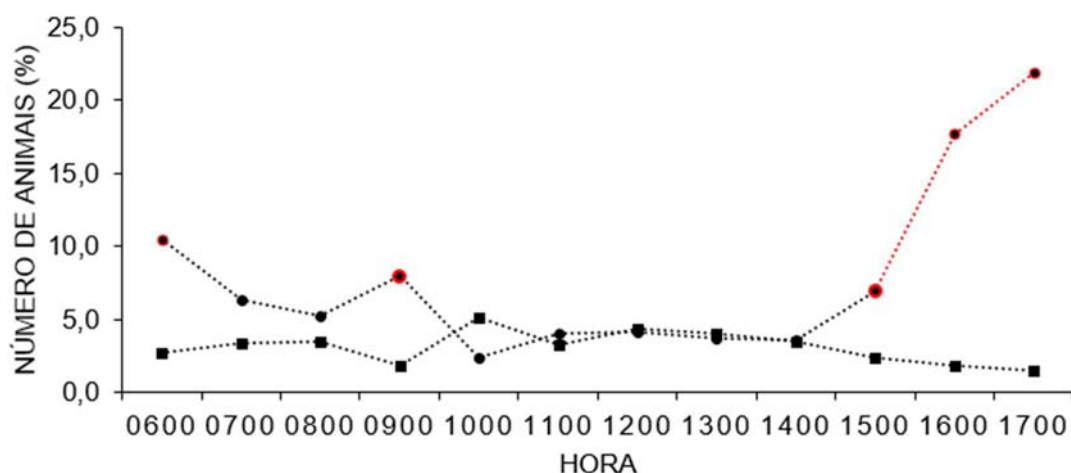
Legenda: Linha sólida com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) deitado fora da condição de sombra e linha sólida com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) deitado dentro da condição de sombra. Linha pontilhada com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) em pé fora da condição de sombra e linha pontilhada com marcador quadrado representa percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) em pé dentro da condição de sombra. Destaques em vermelho indicam diferença significativa entre os locais (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 5 – Percentual de animais no tratamento sombra ruminando em pé e ruminando deitado dentro ou fora da condição de sombra



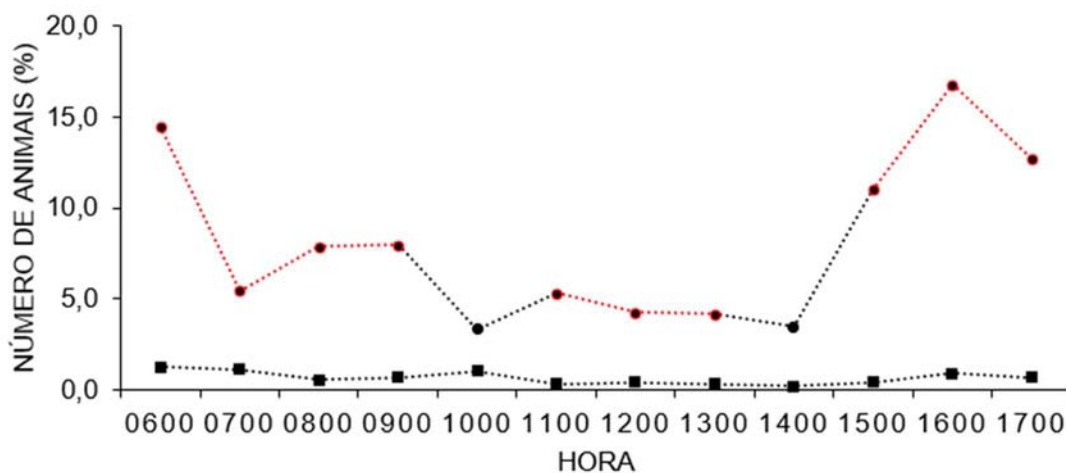
Legenda: Linha sólida com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) ruminando deitado fora da condição de sombra e linha sólida com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) ruminando deitado dentro da condição de sombra. Linha pontilhada com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) ruminando em pé fora da condição de sombra e linha pontilhada com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) ruminando em pé dentro da condição de sombra. Destaques em vermelho indicam diferença significativa entre os locais (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 6 – Percentual de animais no tratamento sombra socializando dentro ou fora da condição de sombra



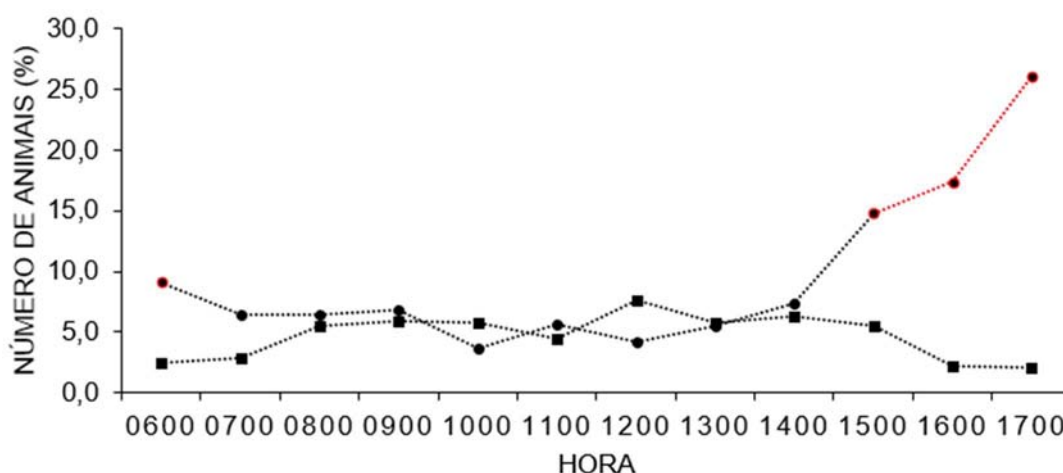
Legenda: Linha pontilhada com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) socializando fora da condição de sombra e linha pontilhada com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) socializando dentro da condição de sombra. Destaques em vermelho indicam diferença entre os locais (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 7 – Percentual de animais no tratamento sombra explorando dentro ou fora da condição de sombra



Legenda: Linha pontilhada com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) explorando fora da condição de sombra e linha pontilhada com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) explorando dentro da condição de sombra. Destaques em vermelho indicam diferença significativa entre os locais (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 8 – Percentual de animais no tratamento sombra realizando ócio em pé dentro ou fora da condição de sombra



Legenda: Linha pontilhada com marcador circular representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) em ócio em pé fora da condição de sombra e linha pontilhada com marcador quadrado representa o percentual de bovinos do tratamento sombra (n = 24) em ócio em pé dentro da condição de sombra. Destaques em vermelho indicam diferença significativa entre os locais (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Em relação ao parâmetro tempo (Tabela 5), todos os comportamentos apresentaram efeito de tratamento (P < 0,05). As maiores durações comportamentais foram obtidas nas execuções realizadas no sol. No entanto, a variação da condição ambiente ao longo das horas influenciou a duração da maioria dos comportamentos, de modo que às 10 horas e ao meio-dia a duração da socialização e do ócio em pé foi significativamente maior quando realizadas na condição de sombra (P < 0,05).

Tabela 5 – Tempo médio (min) de realização dos comportamentos dentro ou fora da condição de sombra por hora

Comportamento	Local		P - valor		
	Sol	Sombra	Local	Hora	Local*Hora
Em pé	25,06±0,52	5,60±0,52	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Deitado	17,14±0,76	12,26±0,76	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ruminando em pé	1,68±0,16	0,61±0,16	<0,0001	0,0004	<0,0001
Ruminando deitado	3,56±0,19	2,60±0,19	0,0008	<0,0001	0,3096
Socializando	4,73±0,15	1,88±0,15	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Explorando	4,84±0,21	0,41±0,21	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Urinando	0,29±0,04	0,16±0,04	0,017	0,431	0,440
Ócio em pé	5,68±0,24	2,84±0,24	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ócio deitado	13,36±0,66	9,37±0,66	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*Considerado significativo a uma probabilidade de 5% (0,05). Fonte: autoria própria.

A verificação do comportamento de dominância, por parte dos animais que utilizavam a sombra, foi realizada por meio de uma análise de regressão. Para isso selecionou-se a frequência dos indivíduos no comportamento ócio em pé nos horários de maior uso da sombra (10 h e 12 h, $P < 0,05$) e, determinou-se a correspondência do número de acessos à sombra entre um horário e outro. Com isso, se obteve o coeficiente de determinação, que revelou uma correlação fraca entre os dados ($r^2 = 0,0512$ ou $r = 0,2263$), o que significa que não houve comportamento de dominância no uso da sombra devido à baixa correspondência entre os dados, principalmente nos horários mais críticos identificados para este comportamento (Figura 8).

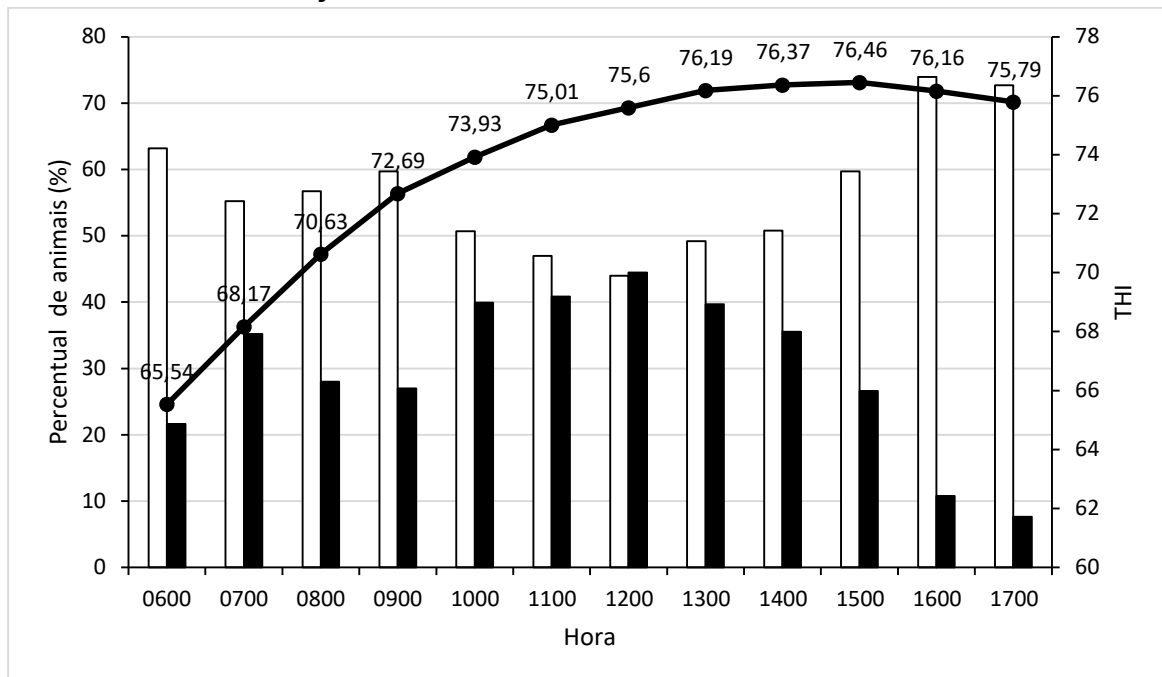
Na Figura 9 a soma do percentual de animais de todos os comportamentos, que puderam ser realizados dentro ou fora da condição de sombra, demonstrou que o período de maior busca pela sombra ocorreu entre as 10 horas e às 14 horas, com pico às 12 horas. A máxima utilização da sombra foi obtida ao meio-dia, com 44,44 % dos animais preferindo ficar na sombra, contra 43,98 % preferindo ficar no sol.

Mesmo durante a estação de primavera o THI apresentou condições de alerta para o estresse térmico e a partir das 11 horas da manhã a temperatura ambiente ultrapassou a temperatura da zona de conforto térmico de bovinos de corte, cujo valor de referência é 27 °C (CASTRO JÚNIOR e SILVA, 2020). De acordo com a Tabela 4 a prioridade do tempo gasto na sombra foi destinada a execução do comportamento ócio deitado, o qual também se destacou ao meio-dia (Figura 10).

Os resultados obtidos pela interação entre tratamento e hora demonstram diferenças significativas na dinâmica de atividades diárias em cada situação experimental (Figura 11). O mapeamento do tempo de comportamento evidenciou a individualidade dos animais (Figura 12). Como por exemplo, quando houve diferença significativa no tempo de uso da sombra, determinado por um número não significativo de animais nas condições de sombra (Figura 13).

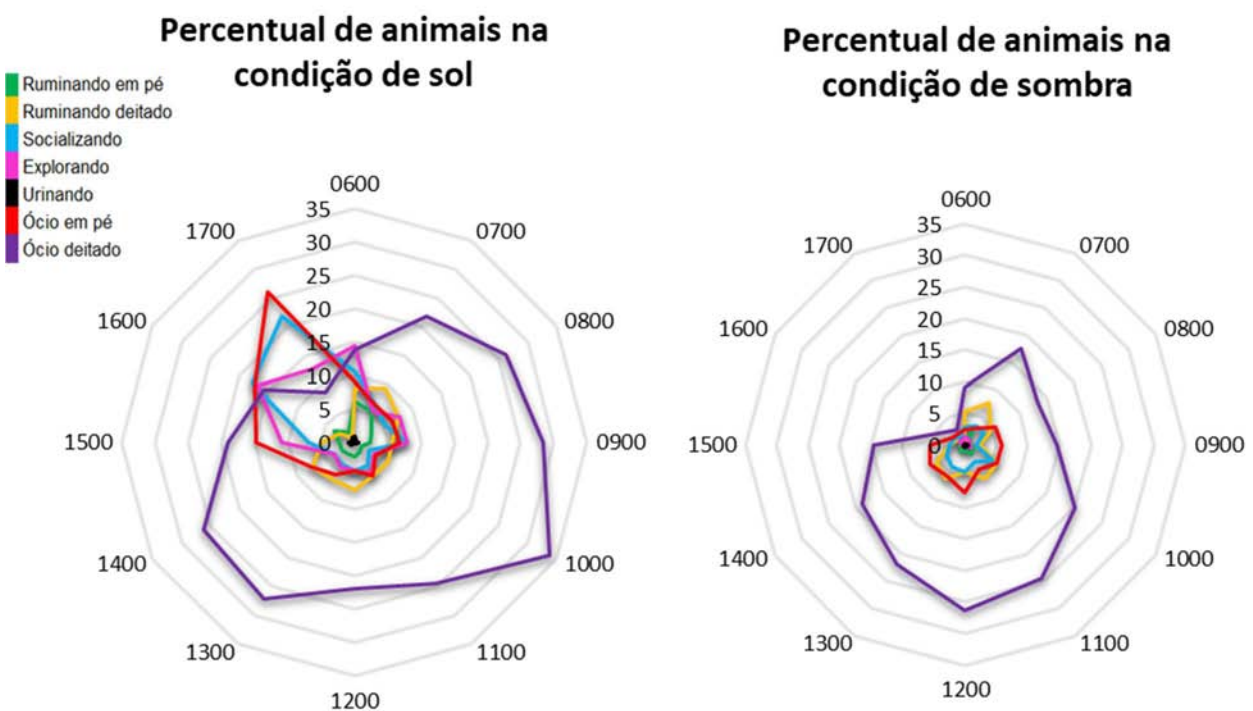
Em relação ao percentual de animais realizando os comportamentos por hora (Tabela 1), o tratamento sombra teve o maior percentual médio de animais nas atividades referente a postura em pé (em pé, socializando, explorando e ruminando em pé; $P > 0,05$). Comparado ao tratamento sombra, o tratamento sol teve um maior percentual de animais realizando comportamentos referentes a postura deitada (deitado, ruminando deitado, ócio deitado; $P > 0,05$) e relacionados a trocas térmicas (bebendo, urinando e ócio em pé; $P > 0,05$).

Figura 9 - Acumulado horário do percentual de animais realizando os comportamentos dentro ou fora da condição de sombra



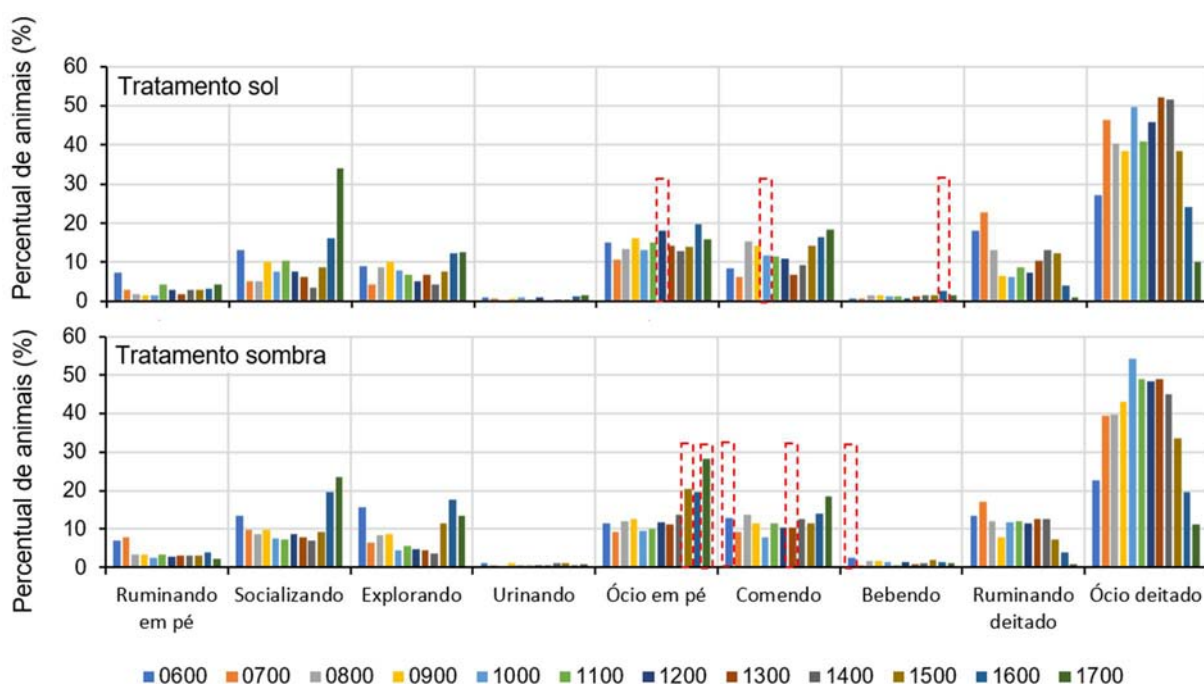
Legenda: as barras de cor branca representam a proporção de animais do tratamento sombra realizando atividades fora da área de sombra e as barras de cor preta representam os animais do tratamento sombra realizando atividades dentro da área de sombra. A linha sólida com marcador circular indica o THI, que representa o índice de temperatura e umidade de Thom (1959) calculado com os dados horários da estação meteorológica (Equação 6). Fonte: autoria própria.

Figura 10 – Comparação do percentual de animais do tratamento sombra realizando os comportamentos na condição de sol e na condição de sombra ao meio-dia (12 h)



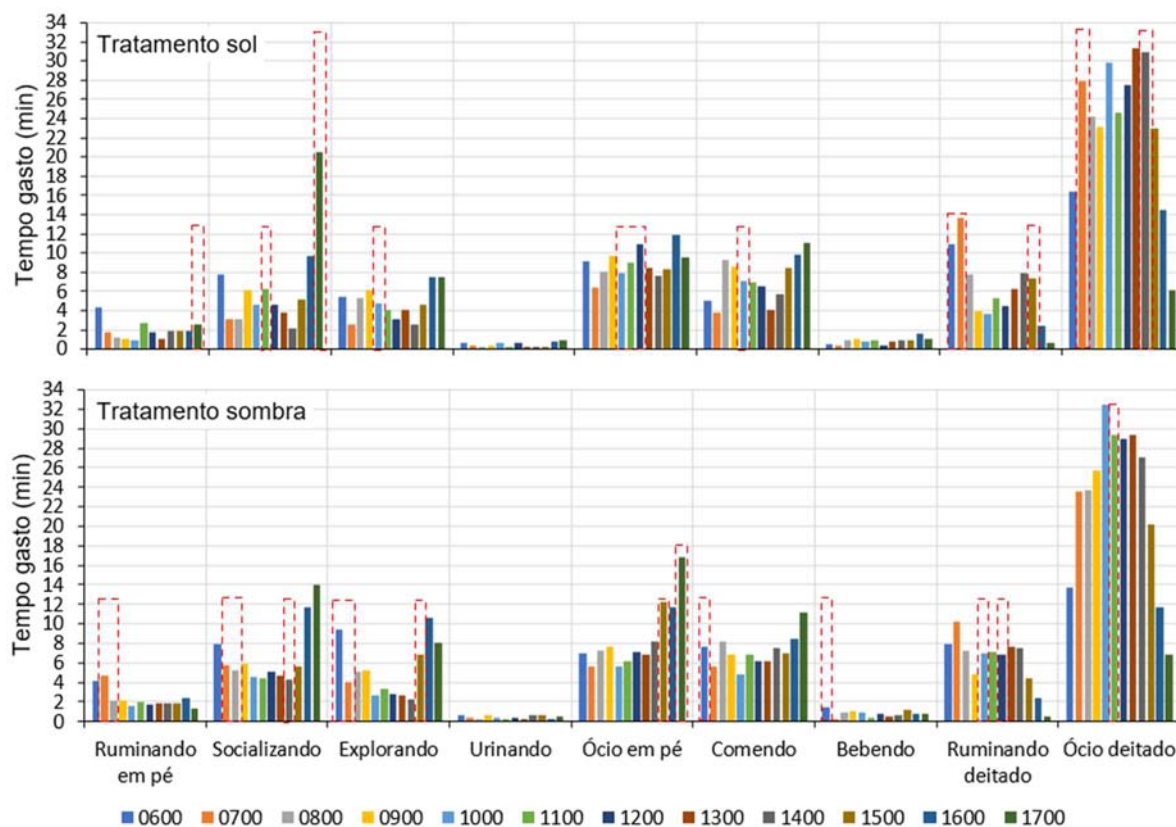
Fonte: autoria própria.

Figura 11- Percentual de animais do tratamento sol e sombra realizando os comportamentos ao longo das horas (6 h às 17 h)



Legenda: horas representadas pelas diferentes cores das colunas. Destaque pontilhado em vermelho indica diferença entre tratamento (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Figura 12 - Tempo dos animais do tratamento sol e sombra realizando os comportamentos ao longo das horas (6 h às 17 h)

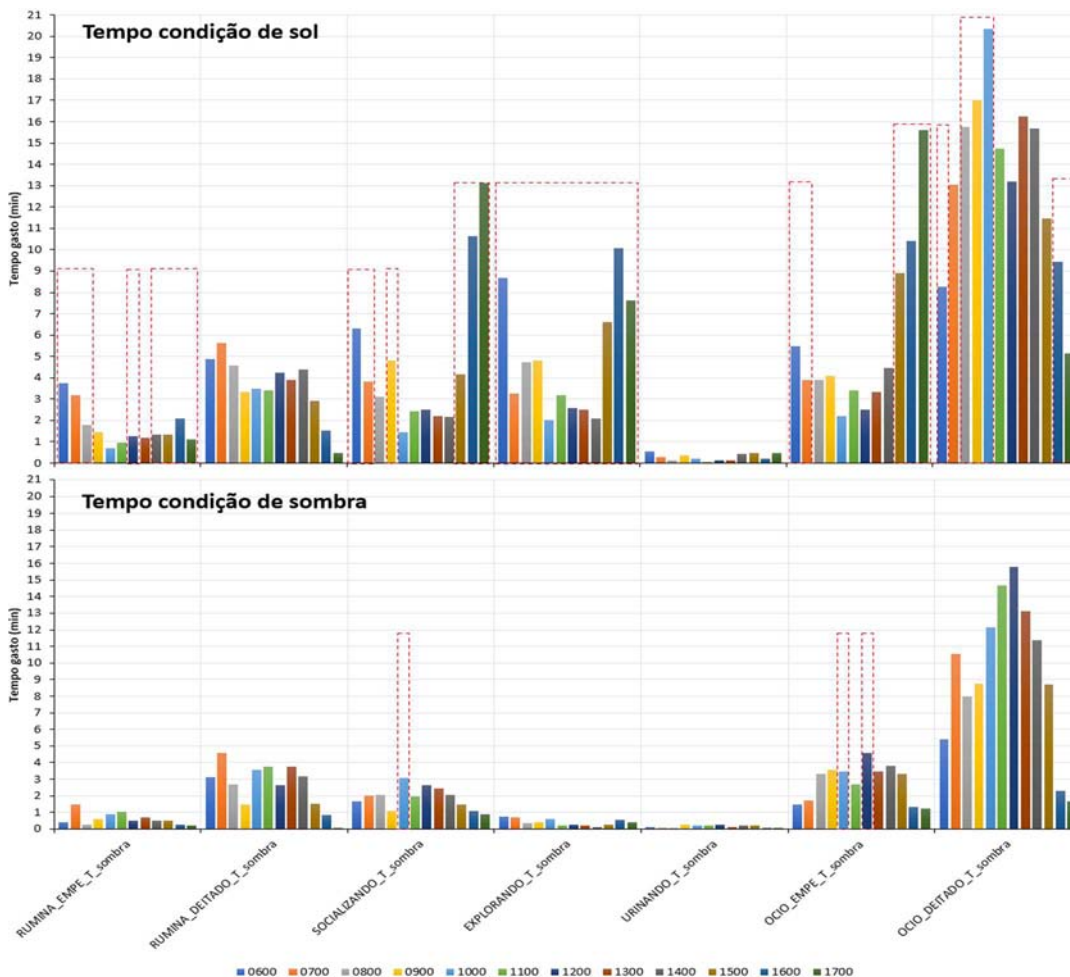


Legenda: horas representadas pelas diferentes cores das colunas. Destaque pontilhado em vermelho indica diferença entre tratamento (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

As posturas em pé ou deitados também integram os meios de controle térmico corporal, uma vez que calor pode ser trocado por convecção e ou condução utilizando estes mecanismos comportamentais. Silanikove (2000) quando o ar frio encontra um corpo quente, uma camada de ar ao redor da superfície do corpo é aquecida e sobe se afastando do corpo, carregando consigo calor e, assim, resfriando o corpo através do processo de convecção. Cunningham (2008) O calor é perdido por condução quando o corpo está em contato com uma superfície mais fria.

Embora os valores médios entre os tratamentos sejam estatisticamente iguais, eles demonstraram maiores percentuais de animais no tratamento sol desenvolvendo comportamentos com baixo nível de atividade física, e maiores percentuais de animais do tratamento sombra desenvolvendo comportamentos mais ativos, associados a locomoção e realização de atividades físicas.

Figura 13 – Tempo dos animais do tratamento sombra realizando os comportamentos dentro ou fora das condições de sombra ao longo das horas (6 h às 17 h)



Legenda: horas representadas pelas diferentes cores das colunas. Destaque pontilhado em vermelho indica diferença significativa entre os locais (P-valor < 0,05). Fonte: autoria própria.

Comendo

Durante o início da manhã, das 6 às 7 horas, o tratamento sombra apresentou uma maior proporção de animais comendo ($P < 0,05$). No período da tarde, às 13 horas, a proporção de animais comendo no tratamento sombra foi significativamente maior em relação ao tratamento sol (6,76 vs. 10,30%; $P = 0,0358$). No tratamento sol, a partir das 8 horas foi observado um aumento acentuado na proporção de animais comendo, que durou até às 10 horas (11,84 vs. 7,99; $P = 0,0225$). No entanto, ocorreu uma queda significativa na proporção de animais comendo no tratamento sol às 13 horas (6,76 vs. 10,30 %; $P = 0,0358$), que se estabilizou gradualmente a partir das 15 horas em diante.

A duração do consumo de ração acompanhou os resultados das proporções e foi significativamente maior no tratamento sombra às 6 horas (5,07 vs. 7,70 min; $P = 0,0221$). No tratamento sol, a partir das 8 horas o tempo de consumo começou a aumentar e permaneceu alto até às 10 horas (7,10 vs. 4,79 min; $P = 0,0448$). Entretanto, a partir das 11 horas em diante não houve diferença na duração de consumo entre os tratamentos, salvo uma tendência de maior duração de consumo registrada para os animais com sombra às 13 horas (4,058 vs. 6,1806 min; $P = 0,0651$). Os resultados obtidos por Blaine e Nsahlai (2010) também demonstram uma maior proporção de animais com sombra conseguindo consumir em horários com temperatura mais elevadas, como às 14 horas, e animais sem sombra adotando estratégias opostas, com maior proporção de animais comendo a partir das 16 horas. De forma que para os autores, essa alternância dos picos de alimentação demonstra que a sombra reduz o impacto das altas temperaturas do meio-dia e incentiva a atividade de alimentação. Brown-Brandl et al. (2005) também observaram que animais sem sombra tiveram maior consumo de alimentos das 2 às 6 h e às 19 horas.

Em complemento, a menor taxa de consumo obtida pelos animais do tratamento sol pode ser um indicativo de que os bois aproveitaram a permanência no cocho em busca de sombra.

Bebendo

A proporção de animais no comportamento bebendo apresentou diferenças significativas entre os tratamentos no início da manhã e no fim da tarde. Sendo que

às 6 horas da manhã o tratamento sombra apresentou maior proporção de animais bebendo (0,84 vs. 2,43 %; $P = 0,0036$) e às 16 horas a maior proporção de animais bebendo foi obtida pelo tratamento sol (2,66 vs. 1,39 %; $P = 0,0196$). O tempo de consumo hídrico na maior parte do tempo foi semelhante entre os tratamentos, com exceção do horário das 6 horas da manhã, que apresentou maior tempo de consumo para os animais com sombra (0,5073 vs. 1,4583 min; $P = 0,0027$). Avaliando o comportamento de ingestão hídrica de bovinos confinados com sombra e sem sombra artificial Lees et al. (2019) também observaram que o comportamento de ingestão hídrica foi influenciado pelas horas, à medida que os animais foram relutantes em consumir água nas horas mais quentes do dia. Nesse estudo, os autores demonstram que durante a manhã as maiores proporções de animais da raça Brahman bebendo foram obtidas às 8 horas, e, durante a tarde, foram obtidas às 18 horas. Coimbra et al. (2012) estudando a preferência de vacas entre duas fontes (sombra e água) de alívio térmico, observou que quando a água estava longe (150 m) as vacas beberam menos água e a sombra se tornou o recurso mais valioso para o suporte térmico e, quando a água estava perto, houve um maior consumo, que pode ter mitigado o efeito do calor radiante e a necessidade de estar na sombra.

Postura em pé ou deitado

A proporção de animais em pé ou deitado não apresentaram diferença para animais em condição de sol ou sombra. No entanto, a permanência de tempo em pé ou deitado diferiu em função dos horários, entre os tratamentos em função dos horários com temperaturas mais quentes ou mais amenas. Para Blaine e Nsahlai (2010) os comportamentos em pé e deitado expressam um padrão, onde a duração em pé diminui continuamente desde o início da manhã até ao fim da tarde, enquanto a duração da postura deitado segue o padrão inverso.

No período das 10 h ao 12 h os animais do tratamento sol se mantiveram mais tempo em pé ($P < 0,05$) em relação aos animais do tratamento sombra, que foi em média de 5,53 min a mais (27,75 min vs. 22,22 min, tratamento sol e sombra). No período da tarde, entre as 14 e 15 horas o maior tempo na posição em pé foi registrado pelo tratamento sombra ($P < 0,05$). De manhã, das 6 às 7 horas, os animais do tratamento sombra apresentaram maior permanência em pé do que o tratamento sol. De modo geral, no nosso trabalho as posturas em pé relacionadas aos horários das

6, 16 horas, provavelmente foram condicionados pelo reabastecimento dos cochos, que eram realizadas nesse horário. De forma semelhante Mitlöhner, Galyean e McGlone (2002) também relataram que as novilhas sem sombra tiveram maior comportamento em pé às 12 horas (5,7 % do tempo; $P < 0,05$). Lees et al. (2019) O aumento da proporção de animais observado em pé durante as horas do dia são reflexos dos comportamentos adaptativos para reduzir o calor acumulado durante condições climáticas quente.

Comparando a permanência de tempo entre dois tratamentos na postura deitado, observou-se que das 10 h às 12 h os animais com sombra permaneceram significativamente mais tempo deitados ($P < 0,05$). Contudo, no horário das 6 e 7 horas, e das 14 h às 15 h ($P < 0,05$) os animais do tratamento sol permaneceram significativamente mais tempo deitados em relação aos animais com sombra. De acordo com Blackshaw e Blackshaw (1994) em dias quentes, o gado gasta mais tempo deitado, especialmente se houver um pouco de vento. O pode ser interpretado como uma troca térmica dupla, por condução e convecção.

O maior comportamento deitado para animais com sombra ao meio-dia também concorda com os resultados obtidos por Mitlöhner, Galyean e McGlone (2002).

Ruminação

O tempo de ruminação em pé foi igual entre os tratamentos, exceto no horário das 7 e 8 h da manhã, com maior tempo de ruminação em pé registrado para animais com sombra e, às 17 h, com maior tempo de ruminação em pé por parte dos animais do tratamento sol. Giro et al. (2019) também encontraram diferença na duração do comportamento ruminando em pé entre os tratamentos de integração lavoura-pecuária com ou sem floresta. Os autores relatam que no período da manhã (8 h às 12 h) os animais com sombra (com floresta) apresentaram maior tempo ruminação em pé ($23,8 \pm 1,6$ min); contudo, no período da tarde não foi observado diferença entre os tratamentos.

Para ambos os tratamentos o maior tempo de ruminação foi destinado a postura deitada e, igualmente para os tratamentos o maior tempo dispendido para a execução deste comportamento foi às 7 horas da manhã (13,62 vs. 10,21 min, $P = 0,0378$, tratamento sol e sombra, respectivamente). Os animais do tratamento sol

tiveram maior ($P < 0,05$) tempo ruminação deitado do que os animais do tratamento sombra às 6 e 7 horas da manhã e às 15 horas (10,94; 13,62 e 7,39 min, respectivamente). Os animais do tratamento sombra registraram o maior ($P < 0,05$) tempo ruminando deitado às 10 e às 12 horas (7,01 e 6,88 min, respectivamente). Giro et al. (2019) não encontraram diferença na duração do comportamento ruminando deitado entre os tratamentos de integração lavoura-pecuária com ou sem floresta. Porém, em termos numéricos, no período da manhã (8h às 12 h) os animais com sombra (com floresta) apresentaram maior tempo ruminação deitado ($19,1 \pm 1,8$ min) e no período da tarde (12 h às 16 h) os animais sem sombra (sem floresta) apresentaram maior ruminação deitado ($31,5 \pm 2,3$ min).

Em relação a ruminação, embora exista o intuito de comparar a ruminação obtida à um padrão natural, que no caso seria o sistema integrado com floresta, ainda há muita diferença entre eles, como a própria dieta, e isso pode determinar um padrão de ruminação bastante particular.

Socialização

Em relação a socialização, para ambos os tratamentos o maior tempo de execução deste comportamento ocorreu às 17 horas (20,51 vs. 14,03 min, $P = 0,0007$; tratamento sol e sombra, respectivamente). No período da manhã, das 7 às 8 horas os animais do tratamento sombra passaram significativamente mais tempo socializando e às 11 horas foram os animais do tratamento sol ($P < 0,05$). No período da tarde, às 14 horas os animais com sombra socializaram mais tempo e às 17 horas os animais sem sombra socializaram por mais tempo ($P = 0,0007$).

O ambiente de ambos os tratamentos foi explorado por maior tempo às 16 horas. Na parte da manhã das 6 às 7 horas os animais com sombra exploraram o ambiente significativamente por mais tempo e às 10 horas o ambiente foi explorado por mais tempo pelos animais do tratamento sol ($P < 0,05$). Na parte da tarde, das 15 h às 16 h os animais do tratamento sombra exploraram o ambiente por mais tempo ($P < 0,05$).

A avaliação o padrão de comportamento de cada raça pode indicar informações importantes sobre as estratégias de manejo. Estudando a viabilidade de três genótipos para produção em confinamento nas condições do Pantanal, Oliveira et al. (2021) não encontram diferença nas respostas comportamentais que incluem

atividades de movimento no ambiente e interação social. Os genótipos gastaram o mesmo percentual de tempo em 24 horas para realizar essas atividades relacionadas ao ambiente e ao social (11,65; 10,91 e 12,28 %, Nelore; Angus e Canchim).

Ócio

Entre o ócio na postura em pé e o ócio na postura deitado, para ambos os tratamentos o maior tempo de execução relacionado a este tipo de comportamento foi destinado ao ócio deitado. De acordo com Baliscei et al. (2012) os ruminantes quando estão deitados em ócio estão mostrando um estado de bem-estar e aumentando o contato com a área de superfície para trocar calor por condução.

O tratamento sol apresentou maior duração de ócio em pé ao meio-dia (10,94 min) e o tratamento sombra às 17 horas (16,88 min).

No período das 9 horas ao meio-dia o tempo de ócio em pé foi significativamente maior no tratamento sol ($P < 0,05$). Mas, no período da tarde, especificamente às 15 e 17 horas os animais com sombra registraram maior duração de ócio em pé ($P < 0,05$).

O horário de maior duração de ócio deitado não coincidiu entre os tratamentos. A maior duração deste comportamento foi obtida às 13 h no tratamento sol (31,30 min) e às 10 horas no tratamento sombra (32,5 min).

No período da manhã os tratamentos apresentaram diferença na duração do ócio em postura deitada às 7 e às 11 horas. Sendo que no primeiro horário a maior duração foi obtida pelos animais do tratamento sol (27,90 vs. 23,61 min; $P = 0,0221$) e no segundo horário pelos animais do tratamento sombra (24,57 vs. 29,38 min, $P = 0,0131$). No período da tarde a única diferença registrada com a maior duração de ócio deitado para o tratamento sol foi encontrada às 14 horas (30,94 vs. 27,08 min; $P = 0,0463$).

Estudando o comportamento ingestivo em função dos níveis de concentrado na dieta Missio et al. (2010) observou que o tempo de ócio aumenta com o aumento linear do nível de concentrado na dieta devido ao maior incremento na dieta (maior energia consumida em menos tempo), enquanto o tempo de ruminação diminui, devido ao menor teor de fibra na dieta. Os autores relataram que a cada 1% de aumento de concentrado na dieta gerou o aumento de 0,05 horas/dia no tempo de ócio deitado.

Comportamentos dentro ou fora da condição de sombra

Na tabela 4 foi possível observar que a proporção de animais realizando os comportamentos no sol foi maior ($P < 0,05$) do que a proporção de animais realizando os comportamentos na sombra, o que indica a permanência dos animais na sombra em condições específicas. Assim como foi observado ao longo das horas, quando o THI variou de Normal para Alerta (das 10 às 14 horas) houve alterações nas preferências, as quais indicaram uma maior proporção de animais realizando atividades na sombra (Figura 9).

Além disso, os resultados obtidos com a duração dos comportamentos no sol ou sombra evidenciou a individualidade dos animais, de modo que foi possível esclarecer e mensurar que a necessidade de sombra de um animal foi significativamente maior do que a de outro.

Ao longo das horas, a maioria dos animais ficaram em pé no sol, porém no horário das 10 h da manhã a busca pela sombra aumentou, assim como ocorreu para comportamento deitado das 10 horas da manhã em diante.

O perfil comportamental dos animais ruminando em pé na sombra começou a aumentar a partir das 9 horas da manhã e se manteve até às 15 h, quando a proporção de animais ruminando em pé no sol aumentou ($P < 0,05$).

A permanência de tempo dos animais ruminando em pé na sombra aumentou das 9 h às 11 h e das 13 h às 14 h, mas a duração foi estatisticamente semelhante ao tempo de ruminação em pé no sol.

A ruminação enquanto na postura deitado não apresentou diferença na proporção de animais e na duração do comportamento ao longo das horas.

A socialização dos animais nas condições de sombra começou a aumentar a partir das 10 h da manhã e se manteve em equilíbrio com a proporção de animais socializando no sol até às 14 horas. A socialização no sol foi maior ($P < 0,05$) das 15 horas em diante. No entanto, às 10h da manhã, quando a temperatura ambiente alcançou 26,36 °C, foi observado uma maior permanência de animais socializando nas condições de sombra (3,06 min; $P = 0,0083$).

Majoritariamente o percentual de animais explorando o ambiente na condição sol superou o percentual de animais explorando o ambiente na condição de sombra, exceto às 10 horas e às 14 horas quando a busca pela sombra aumentou. O mesmo

resultado foi observado no parâmetro tempo. Em todas as horas do dia, o tempo explorando as demais áreas da baía fora da sombra foi maior do que o tempo gasto explorando o ambiente dentro da área de sombra. Portanto, este resultado comparado aos demais indica que os animais reconheceram de fato a estrutura de sombra como suporte para o alívio do estresse térmico, e não como uma estrutura de enriquecimento ambiental, que serve por exemplo para desviar o foco de comportamentos repetitivos.

O comportamento ócio em pé na sombra começou a aumentar a partir das 7 horas da manhã e às 10, 12 e 13 horas apresentou um percentual maior de animais do que no sol, ainda que não significativo (5,79; 7,64 e 5,79 %, respectivamente).

O tempo gasto com o ócio em pé na sombra começou a aumentar a partir das 8h e, às 10 horas e ao meio-dia foi significativamente maior em relação ao tempo gasto no sol, com diferença de 1,25 e 2,08 min, respectivamente (2,22 vs.3,47 min e 2,5 vs.4,58 min, condição de sol e sombra; $P < 0,05$).

A proporção de animais em ócio deitado, apesar de não ter sido influenciado pela interação com as horas, apresentou ao meio-dia (12 h) o maior percentual de animais utilizando a sombra (21,99 vs. 26,27 %; $P = 0,4834$), enquanto o tempo de execução relacionado a este comportamento teve a mesma duração ($P > 0,05$) para os animais na condição de sol e sombra às 7 h da manhã e das 11 h às 15 h, destacando-se em termos numéricos a maior permanência dos animais à sombra ao meio dia (13,19 vs. 15,76 min; $P = 0,2903$).

3.4 Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que o ambiente de sombra não foi o ambiente de maior permanência dos animais, visto que isso teve relação direta com a menor disponibilidade de área sombreada proporcionalmente à área sem sombra. Assim, não ficou claro o uso maior de sombra. Porém, nos horários mais quentes, se percebeu isso. Ao longo do dia, quando a temperatura ambiente aumentou os animais buscaram o recurso da sombra e, as atividades puderam ser realizadas de forma regular mesmo nos horários mais quentes. Assim, o grau de intensidade, a duração e a incidência dos comportamentos relacionados ao uso da sombra poderiam ser maiores se as condições ambiente fossem mais severas e se houvesse diferentes dimensões de sombra disponível para os animais acessarem.

3.5 Referências Bibliográficas

ALTMANN, J. **Observational study of behavior: sampling methods**. 1974. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/4533591.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

ANDREWS, A.H.; BLOWEY, R.W.; BOYD, H.; EDDY, R.G. **Bovine Medicine: diseases and husbandry of cattle**. 2. ed. Iowa State Press, Oxford, UK: Blackwell Science, 2004.1218p.

BALISCEI, Marcio Antonio et al. Behavior of beef cattle and the microclimate with and without shade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, p. 409-415, 2012.

BLACKSHAW, Jk; BLACKSHAW, Aw. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 285, 1994. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/ea9940285>.

BLAINE, K. L.; NSAHLAI, I. V.. The effects of shade on performance, carcass classes and behaviour of heat-stressed feedlot cattle at the finisher phase. **Tropical Animal Health and Production**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 609-615, 21 nov. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-010-9740-x>.

BRACKE, M. B. M.; HOPSTER, H.. Assessing the Importance of Natural Behavior for Animal Welfare. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 77-89, fev. 2006. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10806-005-4493-7>.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L.. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: analyses of indicators. **Biosystems Engineering**, [S.L.], v. 90, n. 4, p. 451-462, abr. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006>.

CASTRO JÚNIOR, S. L.; SILVA, I. J. O. The specific enthalpy of air as an indicator of heat stress in livestock animals. **International Journal of Biometeorology**, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 149-161, 23 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-020-02022-8>.

CHRISTENSEN, T; DENVER, S; SANDØE, P. How best to improve farm animal welfare? Four main approaches viewed from an economic perspective. **Animal Welfare**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 95-106, 1 fev. 2019. Universities Federation for Animal Welfare. <http://dx.doi.org/10.7120/09627286.28.1.095>.

COIMBRA, P. A. D.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.L.], v. 139, n. 3-4, p. 175-182, jul. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

GAUGHAN, J. B; SEJIAN, V.; MADER, T. L; DUNSHEA, F. R. Adaptation strategies: ruminants. **Animal Frontiers**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 47-53, 10 nov. 2019. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/af/vfy029>.

Gaughan, J.B.; Bonner, S.; Loxton, I.; Mader, T.L.; Lisle, A.; Lawrence, R. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. **J. Anim.Sci.** 88, 4056-4067. doi:10.2527/jas.2010-2987.

GIRO, A. et al. Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. **Science of The Total Environment**, [S.L.], v. 684, p. 587-596, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.377>.

HAVE, H. T.; NEVES, M. C. P. Animal Welfare (See Animal Ethics; Animal Research; Animal Rights). **Dictionary of Global Bioethics**, [S.L.], p. 121-122, 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-54161-3_57.

LCI. 1970. Patterns of transit losses. Omaha, Neb.: Livestock Conservation, Inc.

LEES, A. M. et al. Influence of shade on panting score and behavioural responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* feedlot cattle to heat load. **Animal Production Science**, v. 60, n. 2, p. 305-315, 2019. <http://dx.doi.org/10.1071/AN19013>.

MCDONALD, Paige V.; VON KEYSERLINGK, Marina A.G.; WEARY, Daniel M.. Hot weather increases competition between dairy cows at the drinker. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 103, n. 4, p. 3447-3458, abr. 2020. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17456>.

MELLOR, D. Updating Animal Welfare Thinking: moving beyond the five freedoms towards a life worth living. **Animals**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 21, 14 mar. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani6030021>.

MIOTTO, F.R.C; NEIVA, J.N.M.; RESTLE, J.; FALCÃO, A.J.S.; CASTRO, K.J.; MACIEL, R.P. Comportamento ingestivo de tourinhos alimentados com dietas contendo níveis de gérmen de milho integral. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.15, n.1, p. 45-54, jan./mar.2014. doi:10.5216/cab.v15i1.24627.

MISSIO, R. L. et al. Ingestive behavior of feedlot finished young bulls fed different concentrate levels in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 39, n. 7, p. 1571-1578, jul. 2010. FapUNIFESP (SCIELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010000700025>.

MITLOHNER, F. M.; GALYEAN, M. L.; MCGLONE, J. J. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 8, p. 2043-2050, 2002.

OLIVEIRA, P.R.O.; OLIVEIRA, M.V.M.; BONIN, M.N.; ÁVALO, S.P.; CANCIO, P.F.; NASCIMENTO, J.D.; FERRAZ, A.L.J.; SURITA, L.M.A.; PIAZZON, C.J.; GALHARDO, A.G.. Carcass and meat characteristics of feedlot finished nelore cattle and their crossbreeds in the Brazilian Pantanal. **Livestock Science**, [S.L.], v. 244, p. 104360, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104360>.

RYAN, M.; WATERS, R.; WOLFENSOHN, S.. Assessment of the Welfare of Experimental Cattle and Pigs Using the Animal Welfare Assessment Grid. **Animals**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 999, 2 abr. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11040999>.

SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Realease 9.4, 2016.

SILANIKOVE, Nissim. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock production science**, v. 67, n. 1-2, p. 1-18, 2000.

SULLIVAN, K. F.; MADER, T. L.. Managing Heat Stress Episodes in

Confined Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 325-339, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.05.001>.

THOM, E. C.. The Discomfort Index. *Weatherwise*. 12, p. 57-60, 1959.

VALADEZ-NORIEGA, M.; et al. Effects of greenhouse roofs on thermal comfort, behavior, health, and finishing performance of commercial zebu steers in cold arid environments. **Journal of Veterinary Behavior**, [S.L.], v. 35, p. 54-61, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2019.10.012>.

4. Capítulo 3 – Consumo, produtividade e custo: Três dimensões da água e a sua relação com o fornecimento de sombreamento artificial para o gado de corte em confinamentos.

Journal of Cleaner Production 376 (2022) 134088

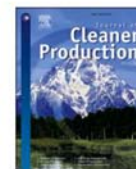


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro



Consumption, productivity and cost: Three dimensions of water and their relationship with the supply of artificial shading for beef cattle in feedlots

Taisla Inara Novelli^a, Bianca Freire Bium^a, Carlos Henrique Cogo Biffi^b, Maria Erika Picharillo^c, Natália Spolaore de Souza^b, Sérgio Raposo de Medeiros^d, Julio Cesar Pascale Palhares^{d,*}, Luciane Silva Martello^a

^a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP –SP, Av. Duque de Caxias Norte, 225. Campus Fernando Costa- USP, CEP:13635-900, Pirassununga, SP, Brazil

^b Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Jaboticabal, SP, CEP:14884-900, Brazil

^c Departamento de Zootecnia na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”- USP, Av. Pádua Dias, 11 Cx. Postal 9, Piracicaba, SP, CEP:13418-900, Brazil

^d Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz km 234, São Carlos, SP, 13560-970, Brazil

Fonte: estudo encontrado na integra em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134088>.

4.1 Introdução

As mudanças climáticas já estão afetando a disponibilidade de recursos hídricos e provavelmente se intensificarão nas próximas décadas, a menos que esforços substanciais de mitigação sejam implementados (IPCC, 2018). Em um clima mais quente, à medida que a população global e o consumo de carne crescem, espera-se que o uso de água aumente para sustentar o aumento da população urbana e alimentar mais pessoas (HEINKE et al., 2020). Como a agricultura é o maior setor consumidor de água do mundo, respondendo por 69% das retiradas globais de água doce, a produtividade da água dos sistemas agrícolas deve ser melhorada para que a agricultura seja sustentável (FAO, 2019). Kummu et al. (2021) enfatizou que o cenário mais extremo de mudança climática pode prejudicar 34% da área hoje utilizada para produção pecuária. As ações do IPCC (2022) que limitam o aquecimento global a cerca de 1,5°C reduziriam substancialmente os danos relacionados às mudanças climáticas, mas não podem eliminá-los todos. Os efeitos das mudanças climáticas podem obrigar o setor pecuário a estabelecer manejos que exijam menos água (NARDONE et al., 2010).

Considerando as previsões do aquecimento global, a pecuária sofrerá impactos em seus aspectos fisiológicos e comportamentais e, portanto, na necessidade de ter água suficiente para consumir e usar.

De 2000 a 2018, o número de bovinos confinados no Brasil cresceu cerca de 64,6%. Isto representa um aumento médio anual de cerca de 7,0%. Em 2020, 6,0 milhões de bovinos em confinamento foram abatidos no Brasil, o que representa um crescimento de 14% em relação a 2019 (ABIEC, 2020). As mudanças estruturais na pecuária de corte brasileira incluíram avanços nos indicadores de desempenho animal, aumento da produtividade por área e expansão do sistema de confinamento, mas o impacto quantitativo desses aspectos no uso da água não foi avaliado (PALHARES et al., 2021).

Há um inegável aumento da pressão exercida sobre os recursos hídricos devido à intensificação dos sistemas de produção animal (NGXUMESHE et al., 2020). Se será uma intensificação sustentável depende de como vamos gerenciar a água e entendê-la como um alimento, um insumo e um recurso natural. A intensificação do sistema de produção animal representará um aumento nas necessidades totais de água para sustentar esse processo econômico. Herrero et al. (2010) defendem que a intensificação sustentável deve melhorar os ganhos de produtividade para produzir mais alimentos com menos água e outros insumos. A quantificação da água na produção de carne bovina é importante porque é uma commodity frequentemente criticada pelo uso ineficiente da água (BAXTER et al., 2017). No entanto, poucos estudos foram realizados em bovinos de corte para examinar a eficiência do gado na utilização de água (AHLBERG et al., 2019).

Além da crescente preocupação com a disponibilidade de água para a pecuária, há uma preocupação com o bem-estar animal. Assim, é importante entender a relação entre o consumo de água e aspectos de bem-estar animal. Dessa forma, poderemos avaliar a existência de trade-offs entre indicadores produtivos e ambientais. Por isso, é importante monitorar criteriosamente o consumo de água pela pecuária e detectar opções de mitigação para manejar esse recurso natural com mais eficiência.

A implementação de práticas que funcionem para reduzir o impacto das mudanças climáticas e dar mais conforto climático aos animais e, paralelamente, melhorar a produtividade da água, deve ser investigada. Carvajal et al. (2021) uma pressão substancial do aquecimento global sobre o bem-estar dos animais pecuários

é o aumento do risco de estresse térmico. Oferecer sombra aos animais é uma opção que reduz a exposição do animal ao estresse térmico. Mitlöhner et al. (2002) o desempenho de bovinos confinados é afetado negativamente pelo estresse calórico durante a fase de terminação. Gaughan et al. (2019) a busca de sombra é a resposta comportamental mais imediata observada em animais estressados pelo calor. Edwards-Callaway et al. (2021) vale a pena notar que o benefício da sombra está em sua capacidade de reduzir a carga de calor. Malan et al. (2020) declararam que a sombra pode influenciar no consumo de água do gado. Descheemaeker et al. (2010) identificam nove estratégias para aumentar a produtividade da água do gado. Os autores não consideraram o sombreamento como um manejo para aumentar a produtividade da água da pecuária.

De acordo com a Food and Agricultural Organization (2019), a produtividade da hídrica é a razão entre os benefícios líquidos e a quantidade de água consumida para produzir esses benefícios. Segundo Palhares et al. (2018), ainda precisamos melhorar a produtividade hídrica da pecuária. A metodologia de produtividade da hídrica evoluiu rapidamente nos últimos anos (DRASTIG et al., 2021). Um aumento na produtividade da hídrica pode ser alcançado através da mesma saída com menos entrada de água, ou seja, “menos água por cultura”. Carra et al. (2020) afirmam que a produtividade hídrica no setor agropecuário deve ser levada em consideração para apoiar as melhores práticas hídricas. Carra et al. (2022) à medida que a demanda de água continua a aumentar e os pecuaristas são cada vez mais responsabilizados pela produtividade hídrica de suas operações, estudos são necessários para ajudar a identificar oportunidades de melhorias na gestão da água.

No entanto, até o momento, não há conhecimento de estudos realizados para avaliar a produtividade hídrica de bovinos quando se utiliza uma prática de bem-estar animal como o sombreamento artificial. Nossa hipótese é que esta prática melhora a produtividade da água (WP) sem comprometer o desempenho animal.

Este estudo é o primeiro a aplicar as diretrizes publicadas pela FAO (2019) para avaliação da produtividade da água avaliando uma prática de bem-estar animal. O seu objetivo é contribuir para o conhecimento relacionado com a demanda de água com base na avaliação da concepção do estudo de produtividade hídrica e da importância de uma implementação das melhores práticas para aumentar a produtividade da água, a fim de alcançar uma produção de carne mais amigável ambientalmente.

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto de uma prática de bem-estar (sombreamento artificial) na ingestão de água e na produtividade hídrica e as relações desses indicadores com o desempenho animal e o custo da água em sistema de confinamento de bovinos.

4.2 Material e Métodos

Delineamento do estudo

O experimento foi conduzido entre setembro de 2019 e dezembro de 2019 na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, Brasil (21° 57' 42" S, 47° 50' 28" W, 860 m). O clima é tropical, classificado como Cwa (KÖTTEK et al., 2006). O período do ano em que o experimento foi conduzido refere-se à primavera. A temperatura diária foi medida pela estação meteorológica da Embrapa. A temperatura média foi de 23°C. A temperatura máxima foi de 35,5°C e a mínima de 12,4°C.

Este estudo utilizou uma população de 47 touros da raça Nelore (*Bos taurus indicus*). Os animais foram divididos em dois grupos, com sombra (GS) e sem sombra (GWS), e foram alojados em quatro baias coletivas, cada uma equipada com um bebedouro e dois cochos por baia. Os animais iniciaram os testes com peso corporal médio (BW) de $450 \pm 16,3$ kg. Antes dos testes, os animais foram adaptados à dieta e instalações por 11 dias.

O consumo de água (WI, L dia⁻¹), consumo de matéria seca (DMI, kg dia⁻¹) e ganho médio diário (ADG, kg dia⁻¹) foram obtidos para todos os bovinos individualmente. O consumo de água foi avaliado por 85 dias utilizando o Sistema Intergado™ (Intergado Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil, CHIZZOTTI et al., 2015). O consumo de ração foi avaliado pelo método GrowSafe™ (GrowSafe Ltd., Calgary, Alberta, Canadá, MENDES et al., 2011).

Os animais tiveram acesso ad libitum à água e uma ração total mista. A água utilizada no estudo foi retirada de um poço. As refeições foram oferecidas diariamente às 07:00, 11:00, 14:00 e 16:00 h. A dieta foi composta por bagaço de cana (144 g kg⁻¹ de ração total mista), soja (58 g kg⁻¹), milho (739 g kg⁻¹) e uma mistura mineral (59 g kg⁻¹), com valores com base na matéria seca (DM). O teor de proteína bruta total foi de 166 g kg⁻¹ MS e o total de nutrientes digestíveis foi de 788 g kg⁻¹ MS. Os animais foram pesados a cada 21 dias.

A estrutura de sombreamento foi dimensionada considerando valores de referência de 6 m² por animal e 3 m de altura (BROWN-BRANDL et al., 2013; EIRICH et al., 2015). A estrutura de sombra artificial foi montada com dimensões de 9 × 8 m², com a maior medida no sentido Leste-Oeste. O material da sombra consiste em uma malha aluminizada termorrefletiva que possui as características de refletir os raios ultravioleta e infravermelho. As especificações do fabricante garantem 78–83% de sombra e 32% de transmissão de luz difusa.

Neste estudo, os bovinos foram expostos a valores médios de 230,7 W m⁻² de radiação solar e 28,9 °C de temperatura máxima. A temperatura de referência para o limite superior da zona de conforto térmico para bovinos é de 27 °C segundo Baêta e Souza (1997). Portanto, é considerado limitante para o estresse térmico, como foi observado no efeito do tratamento.

Cálculo da produtividade hídrica

A produtividade da hídrica (WP) do gado confinado foi calculada de acordo com a diretriz “ Uso da água em sistemas de produção pecuária e cadeia de suprimentos ” (FAO, 2019). O horizonte temporal considerado foi o ciclo de produção ao nível da exploração (85 dias).

Este estudo aplicou uma abordagem ascendente em que dados específicos da fazenda foram usados. A WP foi calculada em três unidades de referência para aumentar a comparabilidade com outros estudos. Eles foram expressos em duas bases de massa (Eq (1)) [kg de peso vivo (LW) m⁻³] e (Eq (2)) [kg de peso de carcaça (CW) m⁻³], e uma base alimentar (Eq (3)) [kcal de carne desossada m⁻³]. O valor energético médio (kcal de 100 g de carne desossada) foi calculado a partir de 23 cortes de carne que compõem uma carcaça bovina. O valor energético de cada corte foi estipulado conforme USDA (2014) . O valor energético médio foi de 167 kcal de 100 g de carne desossada.

Como entrada de água considerou-se apenas a água técnica direta representada pela bebida animal que foi medida pelo Sistema Intergado® (Intergado Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil, CHIZZOTTI et al., 2015) . Prochnow et al. (2012) definem água técnica como a água que pode ser retirada das águas superficiais ou subterrâneas. Não houve consumo de água para limpeza dos currais e resfriamento dos animais.

$$WP_{live\ weight} = \frac{Mass_{live\ weigh\ ,output}}{Water_{drinking\ water}} \quad (1)$$

$$WP_{carcass\ weigh} = \frac{Mass_{carcass\ weigh\ ,output}}{Water_{drinking\ water}} \quad (2)$$

$$WP_{kcal} = \frac{Mass_{kcal,output}}{Water_{drinking\ water}} \quad (3)$$

Cálculo do custo da água

A avaliação do custo da água foi realizada seguindo as Diretrizes da Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2021). O valor cobrado foi referente o consumo de água (água bebida pelo animal), considerando o valor do ano de 2021, que foi de US\$ 0,0051 m⁻³ .

O custo da água bebida foi obtido pela Equação (4).

$$W_{cost} = Q_{cap} \times W_{Pc} \quad (4)$$

W_{cost} = Custo da água (US\$)

Q_{cap} = consumo de água bebida pelo animal (m³ ciclo de produção⁻¹)

P_c = Preço do consumo de água (US\$ m⁻³)

Análise de dados

Neste estudo foram utilizados 47 bovinos da raça Nelore, sendo 23 no tratamento sem sombra e 24 no tratamento com sombra. As variáveis WI, DMI, ILW, FLW, CW, WP_{CW} , WP_{LW} foram submetidas a um delineamento inteiramente casualizado . A análise dos dados para este estudo foi calculada utilizando o

procedimento GLM do software SAS, Versão 9.4 (SAS, 2021). Todos os dados foram rastreados para confirmar a normalidade. As médias dos mínimos quadrados foram comparadas pelo teste de Tukey ajustado e as diferenças foram consideradas significativas a 5% de probabilidade (Tabela 1). Para analisar WI com o mesmo software, foram utilizados o procedimento NPAR1WAY e o teste Wilcoxon Two Samples; a diferença foi considerada significativa a 10% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Média e erro padrão para consumo total de água (WI), consumo total de matéria seca (DMI), peso vivo inicial (ILW), peso vivo final (FLW), ganho médio diário (ADG), peso de carcaça (CW), produtividade hídrica de peso de carcaça (WP_{CW}), produtividade hídrica a partir de peso vivo (WP_{LW}).

Variáveis	Tratamentos				P-valor
	Sem sombra		Sombra		
WI, m ³ animal ⁻¹	3,25	±0,13 ^a	2,98	± 0,08 ^b	0,0769**
DMI, tonelada animal ⁻¹	0,85	±0,02 ^a	0,84	±0,02 ^a	0,6928
ILW, kg animal ⁻¹	448,26	±3,46 ^a	451,58	±3,39 ^a	0,4966
FLW, kg animal ⁻¹	584,83	± 5,11 ^a	595,96	±5,01 ^a	0,1269
ADG, kg animal ⁻¹	1,47	±0,05 ^a	1,55	±0,05 ^a	0,2687
CW, kg animal ⁻¹	336,76	±3,35 ^a	341,00	±3,28 ^a	0,3709
WP_{CW} , kg CW m ⁻³	106,34	± 3,11 ^b	115,98	±3,04 ^a	0,0317*
WP_{LW} , kg LW m ⁻³	184,76	± 5,48 ^b	202,79	±5,36 ^a	0,0231*

a,b Linhas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes. *Diferenças significativas no nível de probabilidade $P < 0,05$. **Diferenças significativas no nível de probabilidade $P < 0,10$.

4.3 Resultados e Discussão

O peso inicial médio dos animais sem sombra foi de $448,26 \pm 3,46$ kg e $451,58 \pm 3,39$ kg para os animais sob sombra (Tabela 1). Apesar da diferença de 3,32 kg, não houve diferença no peso vivo inicial entre os tratamentos ($P = 0,4966$). Além disso, essa diferença não representou influência para o desempenho final dos animais, cujo peso médio final foi 11 kg maior para animais sob sombra, sem diferença de tratamento ($P = 0,1269$).

Os rendimentos de carcaça dos animais foram praticamente idênticos, 57,57 e 57,23 % para os tratamentos sem sombra e sob sombra, respectivamente. Esses

valores foram superiores à referência média de rendimento de carcaça para animais zebuínos, que variam de 51,3 a 54,3 %, com peso médio de carcaça de 242,27 kg (ABIEC, 2020). O tratamento sem sombra apresentou valor de peso de carcaça de 336 kg, e sob sombra foi de 341 kg.

O consumo médio total de matéria seca não mostrou efeito do tratamento. Os resultados encontrados foram 0,85 toneladas por animal no tratamento sem sombra e 0,84 toneladas por animal sob sombra ($P = 0,6928$).

A ingestão total de água apresentou efeito de tratamento ($P = 0,0769$, Tabela 1). Animais sem sombra consumiram 9% mais água durante o ciclo de produção do que animais sob sombra. A ingestão média diária de água para animais sob sombra foi de 36,8 L dia⁻¹. A ingestão máxima foi de 51,2 e a mínima de 24,6 L dia⁻¹. Um animal sem sombra apresentou valores de DWI médio, máximo e mínimo de 40,1, 66,4 e 27,1 L dia⁻¹, respectivamente.

De acordo com Zanetti et al. (2019), a ingestão média diária de água para bovinos Nelore em confinamento em condições tropicais foi de 16,7 L dia⁻¹. Palhares et al. (2021) quantificaram a ingestão diária de água de Nelore em um sistema de confinamento onde os animais foram alimentados com dieta convencional ou dieta de coprodutos e a ingestão média foi de 19,7 L dia⁻¹ e 23,1 L dia⁻¹, respectivamente. Maré e Jordaan (2019) medindo o consumo diário de água potável dos confinamentos sul-africanos, encontraram um valor médio de 40 L animal⁻¹ dia⁻¹. Sexson et al. (2012), utilizando dietas de terminação de alto concentrado com silagem de milho como principal fonte de volumoso, verificou-se um consumo médio de água de 37 L dia⁻¹ para novilhos de um ano confinados. Vários fatores relacionados ao desempenho animal (genética, peso, idade, tipo de dieta, etc.) e ao clima (temperatura, umidade, radiação, etc.) determinam o consumo de água potável do gado. Portanto, a variação dos resultados entre os estudos é comum de ocorrer.

Ammer et al. (2017) observaram que a variação no teor de matéria seca da dieta, tipo de silagem e proporção de concentrado podem ter influenciado o consumo de água de bovinos em confinamento. Hicks et al. (1988) observaram que o consumo médio diário de água estava positivamente relacionado com a temperatura média diária máxima e a ingestão média diária de matéria seca.

À medida que a sociedade debate as questões importantes das mudanças climáticas e da utilização da água, é importante entender as necessidades de água

como nutriente na produção de gado (WAGNER E ENGLE, 2021). O estresse térmico estimula o eixo hipotalâmico que induz um aumento nos níveis de leptina e adiponectina resultando em um aumento da ingestão de água (SLIMEN et al., 2016 ; HABEEB et al., 2018). A radiação solar e o estresse térmico podem aumentar consideravelmente as necessidades hídricas de bovinos de corte (AHLBERG et al., 2018). Coimbra et al. (2012) como parte das funções termorreguladoras do organismo, o consumo de água pode estar relacionado à disponibilidade de sombra. Sob altas temperaturas, os bovinos têm maior ingestão de água como estratégia para reduzir o calor e regular a temperatura corporal. Por isso, o gado bebe mais água, e com maior frequência, quando exposto à radiação solar.

Lees et al. (2020) destacam a importância de fornecer sombra ao gado confinado e desafiam a percepção geral de que o gado *Bos indicus* confinado não requer acesso a estratégias de alívio da carga de calor. Renaudeau et al. (2012) bovinos criados em confinamento são mais suscetíveis ao calor, pois não têm a possibilidade de procurar sombra. Brown-Brandl (2018) dentre as estratégias existentes para reduzir o estresse calórico em bovinos confinados, o sombreamento artificial tem sido o mais estudado. Sullivan et al. (2011) os bovinos podem utilizar comportamentos adaptativos para reduzir a carga de calor, um desses comportamentos consiste no aumento da duração em áreas sombreadas.

Embora a sombra tenha se mostrado uma estratégia eficaz para melhorar o bem-estar e o desempenho animal, os estudos encontrados na literatura limitam-se a monitorar e propor soluções para esses aspectos produtivos. Não exploram o efeito que o sombreamento pode ter nos indicadores ambientais, como consumo de água e, conseqüentemente, impacto positivo na produtividade hídrica do produto carne.

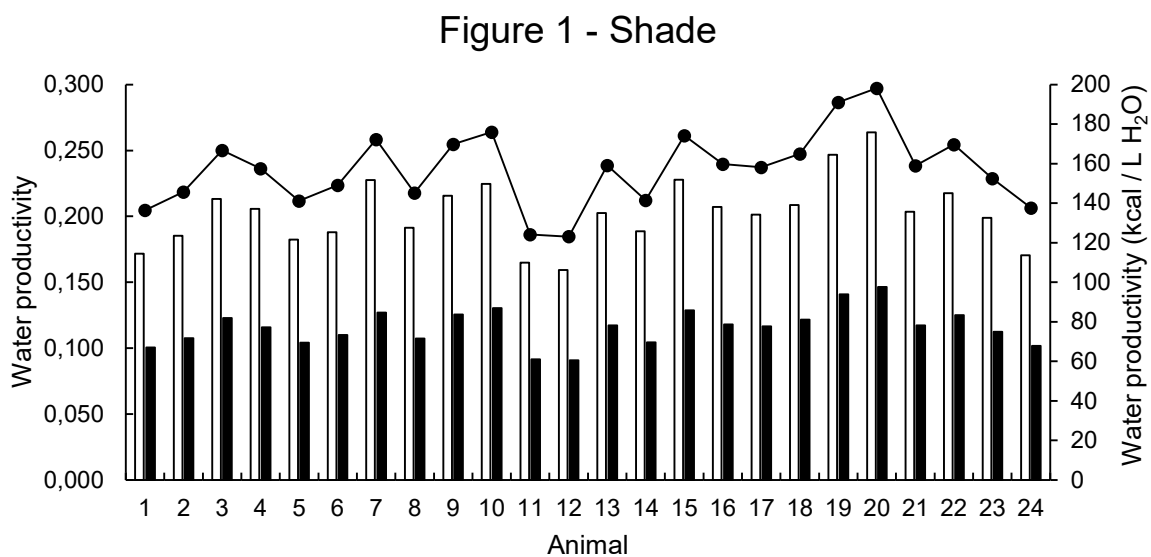
Os animais à sombra apresentaram maior ($p < 0,05$) produtividade de água para todas as unidades de referência, com significância estatística (Tabela 1). Isso se justifica pelo menor consumo médio de água para os animais à sombra, e pelo peso vivo ($p = 0,1269$) e peso de carcaça ($p = 0,3709$) numericamente maiores dos animais à sombra.

Peden et al. (2007) mostraram que, em muitos casos, a produtividade da água do gado é muito modificada pelo manejo. Heinke et al. (2020) afirmaram que diferentes fatores de manejo determinam a produtividade hídrica do gado, como espécies, raças, manejo alimentar, serviços veterinários, entre outros fatores. Em nosso estudo, esses fatores foram os mesmos para todos os animais. A diferença foi

que apenas um grupo teve acesso à sombra. Os resultados obtidos reforçam a importância de oferecer sombra como prática para melhorar a produtividade da água. Menendez e Tedeschi (2020) sugerem que a pesquisa deve visar tecnologias que aumentem a eficiência hídrica do gado a longo prazo.

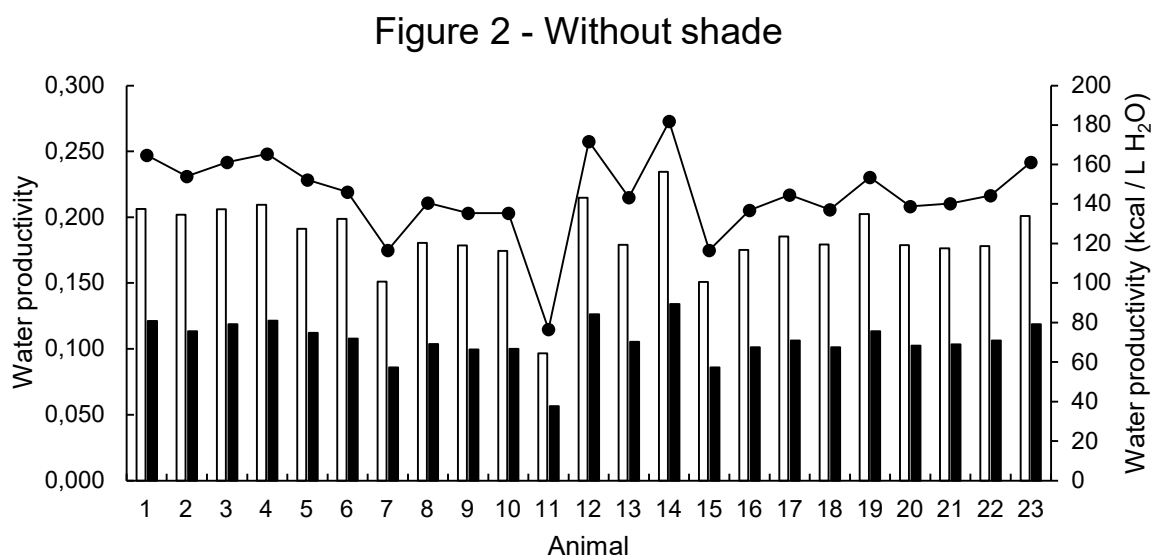
A produtividade hídrica média dos animais à sombra foi de 0,203 kg LW L⁻¹ de água, com máximo de 0,264 kg LW L⁻¹ de água e mínimo de 0,159 kg LW L⁻¹ de água (Fig. 1). Esses valores foram 0,185, 0,234 e 0,097 kg LW L⁻¹ de água, respectivamente, para animais sem sombra (Fig. 2). As produtividades médias de água para a unidade de referência de peso de carcaça para animais sob sombra foram de 0,116 kg CW L⁻¹ de água com máximo de 0,146 kg CW L⁻¹ de água e mínimo de 0,091 kg CW L⁻¹ de água (Fig. 1). Essas médias foram 0,106, 0,134 e 0,057 kg CW L⁻¹ de água, respectivamente, para animais sem sombra (Fig. 2).

Figura 1 – Produtividade hídrica de animais à sombra.



Barras brancas significam produtividade de água em kg de peso vivo. Barras pretas significam produtividade de água em kg de peso de carcaça. L⁻¹. Linha sólida significa produtividade de água em kcal de carne desossada. L⁻¹.

Figura 2 – Produtividade hídrica dos animais sem sombra.



Barras brancas significam produtividade de água em kg de peso vivo. L⁻¹. Barras pretas significam produtividade de água em kg de peso de carcaça. L⁻¹. Linha sólida significa produtividade de água em kcal de carne desossada. L⁻¹.

Portanto, nossas médias de WP foram 203 kg LW m⁻³ e 116 kg CW m⁻³ sob sombra e 185 kg CW m⁻³ e 106 kg CW m⁻³ sem sombra. De acordo com Mekonnen et al. (2019), WP médio foi de 0,06 kg CW m⁻³ na produção de carne nos EUA, considerando água verde e azul e um peso médio de carcaça bovina de 261 kg. O presente estudo apresenta pesos médios de carcaça de 341 kg e 337 kg para com e sem sombra, respectivamente, e considerou-se apenas a água de beber, que representa, em média, menos de 1% da pegada hídrica de uma vaca de corte ou novilho. Atzori et al. (2016) calculou WP para todo o ciclo da vaca-bezerro e fases de crescimento-terminação e 300 kg de peso de carcaça e considerou o total de água verde e azul. Os autores verificaram que o WP variou de 0,073 kg CW m⁻³ a 0,118 kg CW m⁻³, dependendo do cenário de eficiência do uso da água.

Rotz et al. (2019) avaliaram as pegadas ambientais de bovinos de corte em sete regiões dos Estados Unidos. Considerando o indicador de consumo de água potável, a média para a fase de terminação foi de 12,0 L kg CW⁻¹, a máxima foi de 14,8 L kg CW⁻¹ e a mínima foi de 8,5 L kg CW⁻¹. Comparados a esse valor de referência, nossos resultados para a sombra foram 8,7, 11,0 e 6,8 L kg CW⁻¹, respectivamente. Para o grupo sem sombra, esses valores foram 9,7, 17,7 e 7,5 L kg CW⁻¹, respectivamente. Os indicadores de água são bastante variáveis, mesmo

quando resultantes de um mesmo sistema de produção, pois são dependentes de aspectos produtivos e ambientais.

Considerando as duas unidades de referência de peso (LW e CW) utilizadas em nosso estudo, a produtividade hídrica foi em média 9% maior para os animais sob sombra. Isso é ambientalmente significativo e dá ao agricultor melhor capacidade de gestão da água, demonstrando como o uso da água pelos agricultores, direta ou indiretamente, afeta os negócios agrícolas.

Tecnologias mitigadoras, como o fornecimento de sombra, podem auxiliar na conservação da disponibilidade hídrica, portanto, devem ser incentivadas por apresentarem benefícios produtivos, ambientais e econômicos. Carra et al. (2020) afirmam que a retirada de água necessária para o consumo animal de fontes de água superficiais ou subterrâneas é dependente de sua disponibilidade na bacia hídrica. Considerando 6 milhões de bovinos de corte abatidos em confinamento no Brasil em 2020, qualquer melhoria na produtividade hídrica é altamente relevante para a conservação dos mananciais e, conseqüentemente, redução dos conflitos sociais relacionados ao recurso.

Devemos considerar que os confinamentos de gado no Brasil estão crescendo em escala e esse tipo de sistema de produção tem sido contestado por alguns grupos sociais, principalmente pelos passivos ambientais e de bem-estar animal. Se o agricultor pode combinar dois aspectos, bem-estar animal e uso da água, isso significará uma sinergia positiva e determinará melhor conforto térmico para os animais e maior produtividade hídrica para o produto. É uma situação ganha-ganha. Os animais ganham por serem produzidos com melhor bem-estar, o meio ambiente ganha por produzir o mesmo produto com menor aporte de água e o consumidor ganha por ter disponível um produto com valores ambientais e de bem-estar animal.

Animais à sombra apresentaram produtividades de água média, máxima e mínima com base na energia de 157, 198 e 123 kcal L⁻¹ de água, respectivamente (Fig. 1). Para os animais sem sombra, esses valores foram 144, 182 e 77 kcal L⁻¹ de água, respectivamente (Fig. 2). O grupo de animais à sombra produziu 13 kcal (9%) a mais para cada litro de água.

A diferença entre os animais à sombra com maior WP e aquele com o menor foi de 0,105 kg LW L⁻¹ de água e 0,055 kg CW L⁻¹ de água. Portanto, um animal apresentou WP 66% e 60% maior para o peso vivo e peso de carcaça das unidades

de referência, respectivamente. Para os animais sem sombra, a diferença entre o animal com maior WP e o com menor foi de 0,137 kg LW L⁻¹ água e 0,077 kg CW L⁻¹, o que significa que um animal apresentou valores de WP 141% e 135% maiores para as unidades de referência de peso vivo e peso de carcaça, respectivamente. Considerando que esses grupos possuem a mesma raça, idade, sexo e dieta, os resultados demonstram que a variabilidade animal tem grande impacto no valor da produtividade hídrica e explica sua alta variabilidade. Os resultados também demonstram claramente como a sombra reduziu o intervalo de valores.

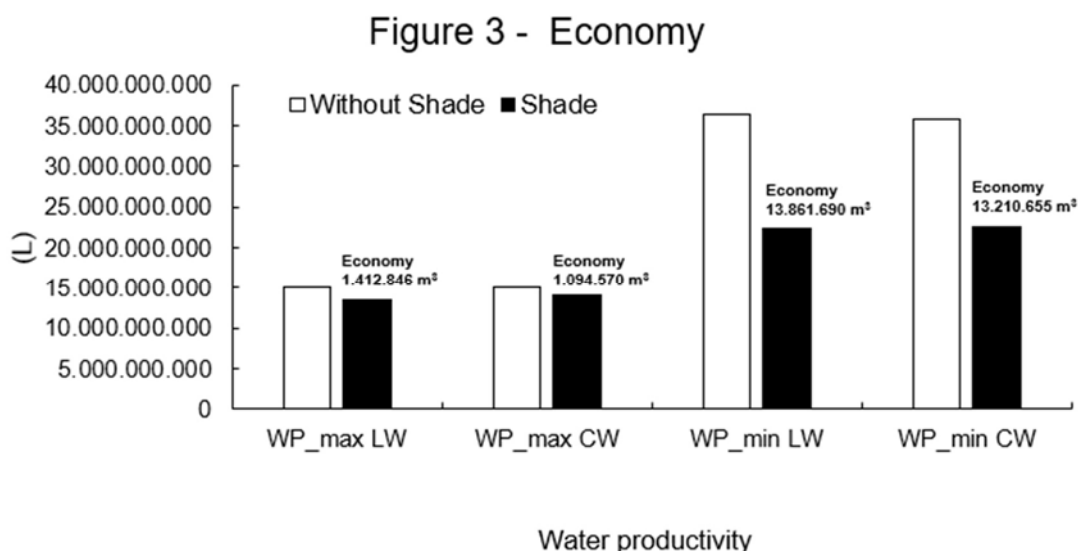
Palhares et al. (2021) calcularam a pegada hídrica do Nelore em confinamento para dois grupos de animais onde a única diferença entre eles era o tipo de dieta. Os autores constataram que houve variação no valor da pegada hídrica azul entre os indivíduos de um mesmo grupo e que os aspectos mais determinantes para essa variação foram os consumos de água e matéria seca de cada indivíduo. Crowley et al. (2010) afirmam que o consumo de matéria seca é um determinante da pegada hídrica da carne bovina, e difere entre as raças bovinas. No entanto, também difere entre indivíduos da mesma raça. Mekonnen et al. (2019) consideram que o aumento do WP é influenciado por uma combinação de fatores, incluindo a melhoria da produtividade pecuária (produção por cabeça) e a redução da necessidade de ração por unidade de produção.

O consumo médio de matéria seca dos animais de ambos os grupos foi de 10 kg DM dia⁻¹. No entanto, a variação foi de 7,3 a 12,3 kg DM dia⁻¹ para animais sob sombra e de 8,0 a 12,1 kg DM dia⁻¹ para animais sem sombra. Considerando a variação diária de matéria seca e ingestão hídrica, que teve uma diferença média de 3,3 L de água dia⁻¹, justificam-se as diferenças nos valores de produtividade hídrica, mesmo entre animais do mesmo grupo.

O peso vivo total produzido pelos animais sob sombra foi de 14.303 kg e a carcaça foi de 8.183 kg. Se todos os animais sob sombra apresentassem a máxima produtividade hídrica, o consumo total de água seria de 54.178 L e 56.047 L, para peso vivo e de carcaça, respectivamente. Se os animais tivessem a produtividade hídrica mínima, o consumo total de água seria de 89.955 L e 89.923 L, para peso vivo e de carcaça, respectivamente. Portanto, o potencial de economia de água para a unidade de peso vivo de referência seria de 35.777 L e para a carcaça 33.876 L, que são 39,7% e 37,6%, respectivamente.

Os animais sem sombra produziram um total de 13.451 kg de peso vivo e 7.745 kg de carcaça. Se todos os animais sem sombra apresentassem a máxima produtividade hídrica, o consumo total de água para a produção dessas quantidades seria de 57.482 L e 57.798 L, para peso vivo e carcaça, respectivamente. Se os animais tivessem a produtividade hídrica mínima, o consumo total de água seria de 138.670 L e 135.877 L, para peso vivo e de carcaça, respectivamente. Portanto, o potencial de economia de água para a unidade de peso vivo de referência seria de 81.188 L e para a unidade de carcaça, 78.079 L, 58,5% e 57,4%, respectivamente.

Figura 3 – Consumo total de água e potencial de economia de água se os 6 milhões estimados de animais confinados no Brasil fossem criados com e sem sombra



Legenda: As barras brancas significam o consumo de água com base na produtividade máxima e mínima da água em kg de peso vivo. L⁻¹ e kg de peso da carcaça. L⁻¹ para animais abatidos sem sombra. As barras pretas significam o consumo de água com base na produtividade máxima e mínima da água em kg de peso vivo. L⁻¹ e kg de peso da carcaça. L⁻¹ para animais abatidos com sombra.

A Fig. 3 mostra o consumo total de água e o potencial de economia de água se os 6 milhões estimados de animais confinados no Brasil fossem criados com (a mesma tecnologia usada neste estudo) e sem sombra. Se os animais tivessem a máxima produtividade hídrica para ambos os tratamentos, considerando que todos os animais fossem abatidos à sombra, a economia de água seria de 9,4% para peso vivo e 7,3% para peso de carcaça. Se a produtividade da água fosse o mínimo, a economia de água seria de 38,2% para peso vivo e 37,0% para peso de carcaça.

As quantidades de economia de água seriam significativas se todos os animais confinados em 2020 no Brasil tivessem sido produzidos à sombra e ainda mais significativos quando se considera a produtividade hídrica mínima média. A

maioria dos confinamentos de carne bovina brasileira está localizada nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do país. Principalmente na região Sudeste, os conflitos hídricos já são uma realidade e tendem a se tornar mais frequentes e intensos, considerando os cenários de mudanças climáticas e, conseqüentemente, situações de escassez hídrica. Portanto, o uso de tecnologia simples e viável como o sombreamento pode reduzir a demanda de água para a produção de carne bovina. Essa tecnologia deve ser considerada nas decisões de agricultores, agroindústrias e governos como uma melhor prática de água para o gado em confinamento.

É importante notar que essas projeções de economia de água referem-se a um tipo de raça e a um tipo de material de sombra artificial. Claro que não teremos todos os animais confinados brasileiros da mesma raça e sob o mesmo material de sombra. O sombreamento com outras raças e materiais terá diferentes projeções de economia de água.

Silvestre e Millen (2021) classificaram o tamanho dos confinamentos de carne bovina no Brasil com um mínimo de 500 animais a mais de 20.000 animais.

Tabela 2 – Consumo de água e economia de água para referências unitárias de peso vivo e peso de carcaça por ciclo de produção.

Confinamento ^a	Consumo de água para LW (L)		Consumo de água para CW (L)		Economia de água (L)	
	Sem sombra	Sombra	Sem sombra	Sombra	Peso vivo	Carcaça
500	1.582.619	1.469.396	1.583.359	1.470.022	113.224	113.337
1.000	3.165.239	2.938.791	3.166.718	2.940.043	226.448	226.675
5.000	15.826.194	14.693.956	15.833.589	14.700.215	1.132.239	1.133.374
10.000	31.652.388	29.387.911	31.667.178	29.400.430	2.264.477	2.266.748
15.000	47.478.583	44.081.867	47.500.767	44.100.645	3.396.716	3.400.122
20.000	63.304.777	58.775.823	63.334.356	58.800.860	4.528.954	4.533.496

^a número de animais em confinamento.

A Tabela 2 mostra uma estratificação entre esses tamanhos mínimo e máximo e o impacto do uso ou não de sombreamento no consumo e economia de água da

fazenda. Considerando as unidades de peso vivo e carcaça, a economia de água entre o uso ou não da sombra seria de 7,2% para todos os tamanhos de confinamento. A economia máxima de água foi de 4.529 m³ e 4.533 m³ para confinamento com 20.000 cabeças para unidades de peso vivo e carcaça, respectivamente. Se considerarmos o consumo médio de água dos animais sob sombra por unidade de peso vivo durante o ciclo de produção e a economia de água proporcionada pelo uso da sombra, essa economia representaria o consumo de 38 animais para confinamento com 500 animais e até 1518 animais para confinamentos com 20.000 animais, 7,6% do total de cabeça para ambos. Para a unidade de carcaça, a economia seria de 7,6% para todos os tamanhos de confinamento.

A água potável bovina sempre virá de uma fonte superficial ou subterrânea. Essas fontes são finitas e devem ser conservadas em quantidade para que o abastecimento de água seja permanente ao longo do tempo. Se o produtor puder utilizar uma tecnologia que signifique economia de água e, conseqüentemente, menor extração de água das fontes por ciclo de produção, isso contribuirá para a segurança hídrica da fazenda e da captação. Também ajudará a tornar a fazenda mais viável em termos de lei e custo de produção, porque a fazenda deve ter uma licença de água, e a Lei Brasileira de Águas determina que os agricultores devem pagar pelo uso da água. Ran et al. (2012) afirmam que a produção pecuária pode afetar os serviços ecossistêmicos pela retirada de água azul. Prochnow et al. (2012) defendem que as propostas de práticas para reduzir o uso técnico da água não devem ser negligenciadas, devido à particular relevância do seu potencial impacto ambiental e dos potenciais custos para o produtor. A Tabela 3 apresenta uma simulação de quanto um agricultor pagaria pelo consumo de água e quanto representaria em termos monetários a economia de água com o uso da sombra. O pagamento pelo consumo de água variou de US\$ 7,50 a US\$ 299,80 para animais sob sombra e de US\$ 8,08 a US\$ 322,86 para animais sem sombra. A economia com o uso da sombra variou de US\$ 0,60 a US\$ 23,00. Se considerarmos o valor do investimento para fazer a estrutura de sombra, mesmo que seja simples como a utilizada neste estudo, a economia para o pagamento da água não justificaria o investimento. A viabilidade econômica do uso do sombreamento animal em confinamento de bovinos depende de vários aspectos, como desempenho do rebanho, tipo de sombra, aspectos climáticos locais, disponibilidade hídrica da fazenda, condições de mercado para o produto e possibilidade de agregação de valor.

a um tipo de carne percebido como superior pelos consumidores. Palhares et al. (2018) afirmam que mudar uma da prática de produção muitas vezes significa para o agricultor uma vantagem econômica, por exemplo, pagar menos pela água. Com o uso da sombra, o produtor pagaria menos pela água, mas isso não compensaria o investimento em sombra considerando apenas essa economia.

Tabela 3 – Valor da conta de água calculado ao consumo de água para referência de peso vivo (litros) por ciclo de produção.

Confinamento ^a	Conta de água (US\$ 0,0051)		Conta de água (US\$ 0,20)		Economia de custos de água	
	Sem sombra	Sombra	Sem sombra	Sombra	US\$ 0,0051	US\$ 0,20
500	8,08	7,50	316,52	293,88	0,60	22,64
1.000	16,14	14,98	633,04	587,76	1,16	45,28
5.000	80,72	74,94	3.165,24	2.938,78	5,78	226,46
10.000	161,42	149,88	6.330,48	5.877,58	11,54	452,90
15.000	242,14	224,82	9.495,72	8.816,38	17,32	679,34
20.000	322,86	299,80	12.660,98	11.775,16	23,00	885,82

^a número de animais em confinamento.

Os animais sob sombra tiveram em média 0,2 @ maior peso final do que aqueles sem sombra. O valor médio da carne bovina em dezembro de 2019 foi de US\$ 42,40. O maior peso final médio dos animais sob sombra representa US\$ 0,96 a mais por animal. Considerando o grupo experimental de 24 animais, essa renda extra significaria um valor total de US\$ 23,00. O fluxo de caixa mostrou que o investimento na estrutura de sombreamento foi pago no primeiro ano do ciclo de produção do confinamento. Para um confinamento com 500 animais, esse valor extra por animal significa uma renda de US\$ 480,00 e US\$ 19.198,40 para uma fazenda com 20.000 animais. Além dessa maior renda sob sombra, devemos considerar as vantagens de bem-estar que podem ser utilizadas para agregar valor ao produto cárneo. A análise

econômica de todos esses aspectos juntos poderia demonstrar a viabilidade de investir na estrutura sombra.

Considerando o custo médio total de produção para confinamento de bovinos em dezembro de 2019 segundo LAE (2019) , os animais sob sombra teriam um custo de US\$ 886,60 e os sem sombra, US\$ 875,60. Considerando as escalas das fazendas apresentadas na Tabela 3 e o valor da conta de água que pagariam por ciclo de produção, o valor da conta representará 0,002% do custo de produção. O valor da conta de água terá um impacto desprezível no custo de produção e, portanto, não cumpriria a função de pagamento pela água para promover melhor produtividade hídrica. Neste estudo, foi utilizado o valor cobrado pelas Diretrizes da Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (2021), que é de US\$ 0,0051 m³. Se o valor de m³ aumentado para US\$ 0,2, o valor economizado variaria de US\$ 22,64 a US\$ 885,82 para os confinamentos de 500 a 20.000 animais, respectivamente.

O custo total da água por ciclo de produção, independentemente de usar ou não sombra, seria muito baixo para os produtores, não incentivando-os a utilizar o recurso de forma mais eficiente. Rey et al. (2016) os custos da água terão impacto direto na produtividade hídrica. Devemos promover a avaliação econômica e considerar os custos da água no custo de produção. Somente com essa abordagem saberemos se a precificação da água é eficaz para melhorar a produtividade da água.

4.4 Conclusão

A prática de bem-estar (sombreamento artificial) reduziu a ingestão diária de água dos bovinos em confinamento e melhorou a produtividade hídrica em relação aos animais sem acesso à sombra. Portanto, o sombreamento pode ser entendido como uma melhor prática de produção, pois promoveu mais proteína animal com menos água.

O sombreamento artificial aumentou a produtividade hídrica ao utilizar água técnica (bebida animal) com mais eficiência, apresentando impactos ambientais e econômicos positivos. As fontes de água potável para os animais de uma fazenda podem ser águas superficiais e/ou subterrâneas, portanto, uma prática que reduza a retirada dessas fontes promove a conservação do recurso natural e aumenta a segurança hídrica do sistema de produção. Menor retirada e consumo de água significa menor custo de utilização do recurso natural. Os resultados mostraram que

se um sistema de produção utilizasse sombra no confinamento, o pagamento da água poderia ser reduzido em 7,2%.

Estudos futuros devem considerar a relação entre o uso das melhores práticas de produção e a produtividade da água. Eles podem ajudar a produzir valores de referência para os valores de produtividade da água na escala da fazenda para ajudar os agricultores e formuladores de políticas a entender os fluxos de água no sistema agrícola e otimizar o uso da água propondo práticas de gestão agrícola.

A disponibilidade de informações sobre a produtividade hídrica e sua relação com as melhores práticas contribuirão para a criação de programas e políticas de gestão da água pecuária e auxiliarão agricultores e comitês de bacias a tomar decisões para produzir mais produtos por gota de água.

4.5 Referências Bibliográficas

- AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2021. Cobrança Pelo Uso Dos Recursos Hídricos Nas Bacias PCJ. URL. <https://agencia.baciaspcj.org.br/instrumento-de-gesto/cobranca-pelo-uso-da-agua/>.
- AHLBERG, C.M., ALLWARDT, K., BROOCKS, A., BRUNO, K., MCPHILLIPS, L., TAYLOR, A., KREHBIEL, C.R., et al., 2018. Environmental effects on water intake and water intake prediction in growing beef cattle. **J. Anim. Sci.** <https://doi.org/10.1093/jas/sky267>.
- AHLBERG, C.M., ALLWARDT, K., BROOCKS, A., BRUNO, K., TAYLOR, A., MCPHILLIPS, L., et al., 2019. Characterization of water intake and water efficiency in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 4770–4782.
- AMMER, S., LAMBERTZ, C., VON SOOSTEN, D., ZIMMER, K., ET AL., 2017. Impact of diet composition and temperature–humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** <https://doi.org/10.1111/jpn.12664>.
- ABIEC, 2020. **Beefreport**: perfil da pecuária no Brasil. ABIEC. Associação Brasileira da Indústria Exportadora de Carne. <http://www.abiec.com.br/controle/uploads/arquivos/sumario2020portugues.pdf>. URL.
- ATZORI, A.S., CANALIS, C., FRANCESCONI, A.H.D., PULINA, G., 2016. A preliminary study on a new approach to estimate water resource allocation: the net water footprint applied to animal products. **Agri. Sci. Procedia.** 8, 50–57.
- BAÊTA, F.C., SOUZA, C.F., 1997. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal.** UFV, Viçosa.
- BAXTER, L.L., WEST, C.P., SARTURI, J.O., BROWN, P., GREEN, P.E., 2017. Stocker beef production on low-water-input systems in response to legume inclusion: ii. water footprint. **Crop Sci.** 57, 2303–2312. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.05.0289>.

BROWN-BRANDL, T.M., 2018. Understanding heat stress in beef cattle. **Rev. Bras. Zootec.** 47, e20160414.

BROWN-BRANDL, T.M., EIGENBERG, R.A., NIENABER, J.A., 2013. Benefits of providing shade to feedlot cattle of diferente breeds. **Am Soc. Agri. Biol. Eng.** 56 (4), 1563–1570.

CARRA, S.H.Z., PALHARES, J.C.P., DRASTIG, K., SCHNEIDER, V.E., EBERT, L., GIACOMELLO, C.P., 2022. Water productivity of milk produced in three different dairy production systems in Southern Brazil. **Sci. Total Environ.** 844, 157117 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157117>.

CARRA, S.H.Z., PALHARES, J.C.P., DRASTIG, K., SCHNEIDER, V.E., 2020. The effect of best crop practices in the pig and poultry production on water productivity in a southern Brazilian watershed. **Water** 12, 3014. <https://doi:10.3390/w12113014>.

CARVAJAL, M.A., ALANIZ, A.J., GUTIÉRREZ-GÓMEZ, C., VERGARA, P.M., SEJIAN, V., BOZINOVIC, F., 2021. Increasing importance of heat stress for cattle farming under future global climate scenarios. **Sci. Total Environ.** 801, 149661 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149661>.

CHIZZOTTI, M.L., MACHADO, F.S., VALENTE, E.E., PEREIRA, L.G., M, M., ET AL., 2015. Technical note: validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 98, 3438–3442. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8925>.

COIMBRA, P.A.D., MACHADO FILHO, L.C.P., HOTZEL, M.J., 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 139, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.

CROWLEY, J.J., MCGEE, M., KENNY, D.A., CREWS, D.H., EVANS, R.D., BERRY, D.P., 2010. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. **J. Anim. Sci.** 88, 885–894.

DRASTIG, K., VELLENGA, L., QUALITZ, G., SINGH, R., PFISTER, S., BOULAY, A.-M., WIEDEMANN, S., PROCHNOW, A., CHAPAGAIN, A., DE CAMILLIS, C., OPIO, C., MOTTET, A., 2021. Accounting for Livestock Water Productivity - How and Why?. Land and Water Discussion Papers. FAO, Rome. <https://doi.org/10.4060/ca7565en>.

DESCHEEMAER, K., AMEDE, T., HAILESLASSIE, A., 2010. Improving water productivity in mixed crop–livestock farming systems of sub-Saharan Africa. **Agric. Water Manag.** 97, 579–586. <https://doi:10.1016/j.agwat.2009.11.012>.

EDWARDS-CALLAWAY, L.N., CRAMER, M.C., CADARET, C.N., BIGLER, E.J., ENGLE, T.E., WAGNER, J.J., CLARK, D.L., 2021. Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. **J. Anim. Sci.** 99 (2), 1–20.

EIRICH, R.L., et al., 2015, 8 f.. Feedlot Heat Stress Information and Management Guide. G 2266. UNL Nebraska Extension, Lincoln.

FAO, 2019. Water Use in Livestock Production Systems and Supply Chains – Guidelines for Assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/ca5685en/ca5685en.pdf>. URL.

GAUGHAN, J.B., SEJIAN, V., MADER, T., DUNSHEA, F., 2019. Adaptation strategies: ruminants. *Animal Front.* 9 (1), 47–53. <https://doi:10.1093/af/vfy029>.

HABEEB, A.A.M., GAD, A.E., EL-TARABANY, A.A., ATTA, M.A.A., 2018. Negative effects of heat stress on growth and milk production of farm animals. *J. Animal Husbandary Dairy Sci.* 2, 1–12.

HEINKE, J., LANNERSTAD, M., GERTEN, D., HAVLÍK, P., HERRERO, M., NOTENBAERT, A.M.O., et al., 2020. Water use in global livestock production—opportunities and constraints for increasing water productivity. *Water Resour. Res.* 56 <https://doi.org/10.1029/2019WR026995>.

HERRERO, M., THORNTON, P.K., NOTENBAERT, A.M., WOOD, S., MSANGI, S., FREEMAN, H.A., BOSSIO, D., DIXON, J., PETERS, M., VAN DE STREEG, J., LYNMAN, J., PARTHASARATHY RAO, P., MACMILLAN, S., GERARD, B., MCDERMOTT, J., SER'E, C., ROSEGRANT, M., 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science* 327, 822–825. <https://doi.org/10.1126/science.1183725>.

HICKS, R.B., OWENS, F.N., GILL, D.R., MARTIN, J.J., STRASIA, C.A., 1988. Water intake by feedlot steers. *Okla. Anim. Sci. Rpt. Mp* 125, 208–212.

IPCC, 2022. In: Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press (in press). Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.

IPCC, 2018. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. In: The Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty.* Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf. URL.

KUMMU, M., HEINO, M., TAKA, M., VARIS, O., VIVIROLI, D., 2021. Climate change risks pushing one-third of global food production outside the safe climatic space. *One Earth* 4, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.017>.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F., 2006. Worldmap of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15, 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.

LAE, 2019. Índice de Custo de Produção de Bovinos Confinados. Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal. <https://www.lae-fmvz-usp.com/informativos-mensais>. URL.

LEES, A.M., LEES, J.C., SEJIAN, V., SULLIVAN, M.L., GAUGHAN, J.B., 2020. Influence of shade on panting score and behavioural responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* feedlot cattle to heat load. *Anim. Prod. Sci.* 60, 305–315. <https://doi.org/10.1071/AN19013>.

MALAN, J.-A.C., FLINT, N., JACKSON, E.L., IRVING, A.D., SWAIN, D.L., 2020.

Environmental factors influencing cattle's water consumption at offstream watering points in rangeland beef cattle. *Livest. Sci.* 231 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103868>.

Mar' e, F.A., Jordaan, H., 2019. Industrially finished calves: a water footprint-profitability paradox. *Water* 11, 2565. <https://doi.org/10.3390/w11122565>.

MEKONNEN, M.M., NEALEA, C.M.U., RAY, C., ERICKSON, G.E., HOEKSTRA, A.Y., 2019. Water Productivity in Meat and Milk Production in the US from 1960 to 2016, vol. 132. *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105084>.

MENDES, E.D.M., et al., 2011. Validation of a system for monitoring feeding behaviour in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 89 (9), 2904–2910. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3489>.

MENENDEZ, H.M., TEDESCHI, L.O., 2020. The characterization of the cow-calf, stocker and feedlot cattle industry water footprint to assess the impact of livestock water use sustainability. *J. Agric. Sci.* 158, 416–430. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000672>.

MITLOHNER, F.M., GALYEAN, M.L., MCGLONE, J.J., 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat -stressed feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 80, 2043–2050.

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

NGXUMESHE, A.M., RATSAKA, M., MTILENI, B., NEPHAWE, K., 2020. Sustainable application of livestock water footprints in different beef production systems of South Africa. *Sustainability* 12, 9921. <https://doi:10.3390/su12239921>.

PALHARES, J.C.P., MORELLI, M., NOVELLI, T.I., 2021. Water footprint of a tropical beef cattle production system: the impact of individual-animal and feed management. *Adv. Water Resour.* 149 <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2021.103853>.

PALHARES, J.C.P., AFONSO, E.R., GAMEIRO, A.H., 2018. Reducing the water cost in livestock with adoption of best practices. *Environ. Dev. Sustain.* <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0117-z>.

PEDEN, D., TADESSE, G., MISRA, A.K., 2007. Water and livestock for human development. In: Molden, D.J. (Ed.), *Water for Food, Water for Life: Insights from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan Publications, London; IWMI: Colombo, pp. 485–514.

PROCHNOW, A., DRASTIG, K., KLAUSS, H., Berg, W., 2012. Water use indicators at farm scale: methodology and case study. *Food Energy Security*. 1 (1), 29–46.

RAN, Y., DEUTSCH, L., LANNERRSTAD, M., HEINKE, J., 2012. Rapidly intensified beef production in Uruguay: impacts on water related ecosystem services. *Procedia* 1, 77–87.

RENAUDEAU, D., COLLIN, A., YAHAV, S., DE BASILIO, V., Gourdine, J.L., Collier, R.J., 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6, 707–728.

REY, D., HOLMANA, I.P., DACCACHEB, A., MORRISA, J., Weatherheada, E.K., Knox, J.W., 2016. Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate. *Agric. Water Manag.* 173, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.017>.

ROTZ, C.A., ASEM-HIABLIE, S., PLACE, S., THOMA, G., 2019. Environmental footprints of beef cattle production in the United States. *Agric. Syst.* 169, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.11.005>.

SAS, 2021. Base SAS 9.4 Procedures Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA. Statistical Analysis System Institute.

SEXSON, J.L., WAGNER, J.J., ENGLE, T.E., EICKHOFF, J., 2012. Predicting water intake by yearling feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 90, 1920–1928. <https://doi.org/10.2527/jas2011-4307>.

SILVESTRE, A.M., MILLEN, D.D., 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Rev. Bras. Zootec.* 50.

SLIMEN, B.I., NAJAR, T., GHRAM, A., ABDERRABBA, M., 2016. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 100, 401–412.

SULLIVAN, M.L., CAWDELL-SMITH, A.J., MADER, T.L., GAUGHAN, J.B., 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 89, 2911–2925. <https://www.doi:10.2527/jas.2010-3152>.

USDA, 2014. Composition of Foods Raw, Processed, Prepared (National Nutrient Database for Standard Reference). https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400535/DATA/sr27/sr27_doc.pdf. URL.

WAGNER, J.J., ENGLE, T.E., 2021. Invited Review: water consumption, and drinking behavior of beef cattle, and effects of water quality. *Appl. Animal Sci.* 37, 418–435. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02136>.

ZANETTI, D., PRADOS, L.F., MENEZES, A.C.B., SILVA, B.C., et al., 2019. Prediction of water intake to *Bos indicus* beef cattle raised under tropical conditions. *J. Anim. Sci.* <https://doi.org/10.1093/jas/skz003>.

5. Considerações Finais

Neste trabalho foi possível observar alguns pontos relacionados as mudanças climáticas que podem orientar os pecuaristas no manejo de animais em confinamento durante situações de risco climático.

Em relação aos parâmetros ingestivos (alimento e água) destaca-se a necessidade de fornecer o alimento durante as horas mais frescas do dia, principalmente no período da manhã e da noite, os quais parecem essenciais para auxiliar os animais a suportar um período de desafio térmico; e garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade ao longo de todo o período do dia, visto que a ingestão de água desempenha um papel importante na manutenção térmica do animal, independente deles possuírem acesso a sombra ou não.

Quanto aos parâmetros comportamentais identificou-se que durante o confinamento o comportamento ócio, em termos de percentual de animais na atividade e duração de tempo na atividade, foi bastante expressivo. Sendo um comportamento de grande relevância para indicar a ocorrência de trocas térmicas e, portanto, um comportamento que pode ser indicativo para o conforto animal e deve ser considerado no desenvolvimento de sistemas de avaliações comportamentais automatizados. Contudo, é preciso lembrar que esse padrão de comportamento em ócio foi estabelecido levando em consideração um sistema produtivo com dieta de alto concentrado. Assim, o uso de diferentes dietas poderá apresentar padrões diferentes para esse mesmo comportamento.

Como considerações finais também se destaca o papel da sombra artificial em benefício do meio ambiente, cujo uso resulta na economia de água e conseqüentemente aumento da disponibilidade deste recurso para outros usos. O que é um fator importante se considerado que o período da primavera é marcado pela transição entre o período seco do ano (estação de inverno) e o período úmido (estação de verão).

Por fim, pesquisas futuras com semelhantes abordagens e condições climáticas diferentes poderão contribuir para maior detalhamento científico. A relação entre alternância de consumo entre os turnos e ocorrências de dias quentes e ondas de calor também são temas importantes a serem investigados para animais em confinamento.