

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

FERNANDA LAÍS DANELUS

**MANEJO DA VENTILAÇÃO EM SISTEMAS COMPOST BARN:
IMPLICAÇÕES NA AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR DE VACAS
LEITEIRAS**

DISSERTAÇÃO

**DOIS VIZINHOS
2020**

FERNANDA LAÍS DANELUS

**MANEJO DA VENTILAÇÃO EM SISTEMA COMPOST BARN:
IMPLICAÇÕES NA AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR DE VACAS LEITEIRAS**

**Management of ventilation in a compost barn system: implications for the
environment and welfare of dairy cows**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Zootecnia da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira.

DOIS VIZINHOS

2020



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho licenciado, mesmo para fins comerciais, desde que atribuam, ao autor, o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.



TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 128

A Dissertação de Mestrado intitulada **Manejo da ventilação em sistema compost barn: Implicações na ambiência e bem-estar de vacas leiteiras**, defendida em sessão pública pela candidata **Fernanda Lais Danelus**, no dia 01 de julho de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, linha de pesquisa Produção, Nutrição e Ambiência de Ruminantes, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira - UTFPR-DV - Presidente
Prof. Dr. Flávio Alves Damasceno / UFLA - Membro Externo
Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale / UFPR - Membro Externo
Profa. Dra. Flávia Regina Oliveira De Barros - Membro Interno

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Assinado eletronicamente por:

Presidente da Banca e orientador: Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira.

Membro: Dra. Flávia Regina Oliveira De Barros.

Coordenador do Programa: Dr. Wagner Paris.

Obs: Conforme o Art. 2º §3º da Instrução Normativa nº 002/2017 - PROPPG, a assinatura dos membros externos Dr. Flávio Alves Damasceno / UFLA e Dr. Marcos Martinez do Vale / UFPR, serão supridas pela assinatura do presidente da Comissão Examinadora, Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira.



Documento assinado eletronicamente por **FREDERICO MARCIO CORREA VIEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/07/2020, às 11:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIA REGINA OLIVEIRA DE BARROS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/07/2020, às 12:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1498414** e o código CRC **014A1107**.

A Deus e as pessoas que Ele colocou em meu caminho para me auxiliar nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado vida e forças para prosseguir.

Agradeço a Jesus, que a cada dia nos oferece uma nova oportunidade de reconhecimento dos nossos erros e restauração das nossas falhas em busca da evolução contínua.

Agradeço ao meu marido Manoel por ter ficado sempre ao meu lado, me apoiando e me auxiliando pacientemente nesta fase.

Agradeço aos meus tios (Leandra e Vander) por terem me incentivado a ir até o fim, quando eu não tinha mais coragem para prosseguir.

Agradeço também a todas as colaborações da minha prima (Eloisa), que nunca mediu esforços para me auxiliar.

Agradeço a minha amiga Michelle por ter tomado frente e me motivado a continuar, me auxiliando no processo.

Agradeço aos meus pais (Mauro e Sonia) por terem cedido o local do experimento e disponibilizado a propriedade para execução do mesmo.

Agradeço aos professores do PPGZO pelos ensinamentos e aos colegas pelo companheirismo e auxílio.

Agradeço ao meu orientador Frederico pelo auxílio durante o experimento e contribuições para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Tamanhas foram as dificuldades, mas não superaram a vontade de vencer. Para aqueles que desistem no primeiro tropeço, estão perdendo a chance de realizar sonhos grandiosos.

“A persistência é a chave das grandes conquistas”.

“Desistir nunca foi uma opção”.

RESUMO

DANELUS, Fernanda Laís. **Manejo da ventilação em sistema *compost barn*: implicações na ambiência e bem-estar de vacas leiteiras**. 2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

Tendo em vista a limitação de informações científicas sobre a ventilação em sistemas *compost barn* e como isto influencia na ambiência, bem-estar, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras e nos teores de umidade da cama, objetivou-se avaliar os diferentes condições de ventilação em um sistema de confinamento *compost barn* em relação ao efeito sobre a qualidade da cama, conforto térmico e comportamento de vacas em lactação. A pesquisa foi realizada no município de Campo Erê – SC, em um sistema de *compost barn* com capacidade para 72 animais, entre os meses de dezembro de 2018 e janeiro de 2019. No total, foram avaliados 19 animais em lactação da raça Holandesa. Como tratamentos foram instituídos três programas de ventilação com acionamento automático por sensores, a partir de temperaturas determinadas. O programa 1 consistia no acionamento da ventilação quando a temperatura interna do galpão ultrapassava 19 °C (P1), o programa 2, quando ultrapassasse 22 °C (P2) e o programa 3, acima de 25 °C (P3). Os mesmos foram distribuídos aleatoriamente e tiveram duração de sete dias. Em cada um destes programas avaliou-se a umidade e temperatura da cama (superfície e interior), variáveis térmicas do ambiente interno e externo (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento), índice de temperatura e umidade, conforto térmico dos animais (temperatura superficial e frequência respiratória), comportamento e bem-estar dos animais (escore de higiene e claudicação). Como resultados encontrou-se que os programas de ventilação não apresentaram efeito sobre a qualidade interna da cama. O P3 foi o que apresentou menores valores de temperatura superficial da cama nos horários mais quentes do dia (abaixo de 25 °C). Em relação ao ambiente térmico do galpão, nesse mesmo programa de ventilação foram encontrados menores valores de velocidade do vento (média de 3 m s⁻¹), porém apresentou melhores índices de temperatura e umidade - ITU (média de 72,5). O comportamento animal foi influenciado pelos programas de ventilação e pelo ambiente térmico da instalação, sendo que o P3 obteve menores probabilidades dos comportamentos ócio em pé (probabilidade de 0,5), andar (probabilidade de 0,5) e ingestão de água (probabilidade de 0,3) nos períodos quentes do dia (a partir das 11:30 h). Para a termorregulação e bem-estar animal, a temperatura superficial dos animais (33 °C) e o escore de higiene foram melhores para o P3 em relação aos demais programas. Conclui-se que a melhor temperatura de acionamento do sistema de ventilação é de 25 °C, pois proporciona melhor conforto térmico e bem-estar dos animais.

Palavras-chave: bem-estar animal. biometeorologia. comportamento. vacas em lactação.

ABSTRACT

DANELUS, Fernanda Laís. **Management of ventilation in a compost barn system: implications for the environment and welfare of dairy cows.** 2020. Dissertation (Master in Animal Science) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

Given the limited scientific information on ventilation in compost barn systems and how this influences the thermal environment, welfare, thermoregulation and behaviour of dairy cows and the moisture content of the litter, this research aimed to evaluate whether different ventilation conditions in a compost barn confinement system affect bed quality, thermal comfort and behaviour of lactating cows. The research was carried out in the city of Campo Erê - SC, in a compost barn system with capacity for 72 animals, between December 2018 and January 2019. In total, 19 lactating Holstein animals were evaluated. As treatments, three ventilation programs were instituted with automatic activation by sensors, from determined temperatures. Program 1 consisted of activating the ventilation when the internal temperature of the barn exceeded 19 °C (P1), program 2, when it exceeded 22 °C (P2) and program 3, above 25 °C (P3). These treatments were randomly distributed and lasted for seven days. In each of these programs, the humidity and temperature of the bed (surface and interior), thermal variables of the internal and external environment (air temperature, air relative humidity and wind speed), temperature and humidity index, thermal comfort of the animals (hair coat surface temperature and respiratory rate), animal behaviour and welfare (hygiene and lameness score). As a result, we found that the ventilation programs did not affect the quality of the bed. P3 showed the lowest values of the surface temperature of the bed (below 25 °C) at the hottest times of the day. Concerning the thermal environment of the barn, this same ventilation program provided lower values of wind speed (average of 3 m s⁻¹). However, it presented better indexes of temperature and humidity – THI (average of 72,5). The animal behaviour was influenced by the ventilation programs and the thermal environment of the installation, with P3 being less likely to be in standing rest (probability of 0,5), walking (probability of 0,5) and drinking water (probability of 0,3) during the hot periods of the day (starting at 11:30 h). For thermoregulation and welfare, the animals' surface temperature (33 °C) and hygiene score were better for P3 compared to other programs. In conclusion, the best activation temperature for the ventilation system is 25 ° C, as it offers better thermal comfort and animal welfare.

Keywords: animal welfare. Biometeorology. Behaviour. lactating cows.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização e distribuição das instalações rurais.	30
Figura 2 – Estrutura do galpão <i>compost barn</i>	31
Figura 3 – Disposição dos ventiladores no galpão <i>compost barn</i>	32
Figura 4 – Sistema de acionamento automático dos ventiladores conforme temperatura ambiente.	33
Figura 5 – Revolvimento da cama com equipamento adaptado.	34
Figura 6 – Animais identificados para a experimentação com cordas coloridas individuais.	36
Figura 7 – Animais em avaliação do comportamento animal.	37
Figura 8 – Desenho gráfico da disposições das instalações.	39
Figura 9 - Avaliação das variáveis térmicas externas.	40
Figura 10 - Mensuração da temperatura e umidade interna da cama.	41
Figura 11 – Mensuração de escore de higiene.	42
Figura 12 – Momento da avaliação de escore de higiene.	42
Figura 13 – Escore de claudicação.	43
Figura 14 – Pontos para mensuração da temperatura superficial corporal dos animais.	44
Figura 15 – Variação da velocidade do vento ($m s^{-1}$) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	51
Figura 16- Variação da umidade interna da cama ($m^3 m^{-3}$) ao longo das horas do dia, nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	53
Figura 17 – Variação da temperatura interna da cama ($^{\circ}C$) a 20 cm de profundidade ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	54
Figura 18 – Variação da temperatura superficial da cama ($^{\circ}C$) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	56
Figura 19 – Variação da umidade relativa do ar (%) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	58
Figura 20 – Variação da temperatura do ar interna ($^{\circ}C$) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	60
Figura 21 – Variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	62
Figura 22 – Variação da Frequência Respiratória Total (mov. min^{-1}) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	64
Figura 23 – Variação da temperatura superficial média dos animais ($^{\circ}C$) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	66
Figura 24 – Probabilidade de ócio em pé ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	68
Figura 25 – Probabilidade de ócio deitado ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	70
Figura 26 – Probabilidade de ruminar em pé ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	72
Figura 27 – Probabilidade de ruminar deitado ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	73
Figura 28 – Probabilidade comer ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	75
Figura 29 – Probabilidade de ingerir água ao longo das horas do dia nos	

diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	77
Figura 30 – Probabilidade de andar ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	79
Figura 31 – Probabilidade de brincar com a cama ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	81
Figura 32 - Probabilidade de dormir ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição da alimentação das vacas em experimentação (lote 1) com base na matéria seca.....	35
Tabela 2 – Metodologia de avaliação do escore de cocho.	44
Tabela 3 – Temperatura (Temp.) e umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (VV) externas durante o período experimental.	49
Tabela 4 – Ponto de orvalho e índice de temperatura e umidade (ITU) externas durante o período experimental.....	49
Tabela 5 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de velocidade do vento ($m\ s^{-1}$) nos diferentes tratamentos de ventilação em sistema <i>compost barn</i>	50
Tabela 6 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de umidade interna da cama ($m^3\ m^{-3}$) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	52
Tabela 7 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura interna da cama ($^{\circ}C$) a 20 cm de profundidade nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	54
Tabela 8 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura superficial da cama ($^{\circ}C$) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	55
Tabela 9 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de umidade relativa do ar (%) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	57
Tabela 10 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura do ar interna ($^{\circ}C$) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	59
Tabela 11 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) do índice de temperatura e umidade (ITU) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	61
Tabela 12 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de frequência respiratória (mov. $min.^{-1}$) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	63
Tabela 13 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura superficial média dos animais ($^{\circ}C$) nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	65
Tabela 14 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ócio em pé nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	68
Tabela 15 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ócio deitado nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	69
Tabela 16 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ruminar em pé nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	71
Tabela 17 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ruminar deitado nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>	73
Tabela 18 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média	

± erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de comer nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.....	74
Tabela 19 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média ± erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ingerir água nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.	76
Tabela 20 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média ± erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de andar nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.....	78
Tabela 21 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média ± erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de brincar com a cama nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.	80
Tabela 22 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos dados horários dos parâmetros (média ± erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de dormir nos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.....	82
Tabela 23 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos parâmetros (média ± erro-padrão e intervalos de credibilidade) dos escores de higiene e claudicação de vacas dos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.....	84
Tabela 24 – Estimativas <i>a posteriori</i> dos parâmetros (média ± erro-padrão e intervalos de credibilidade) dos escores de cocho de vacas dos diferentes tratamentos em sistema <i>compost barn</i>.....	86

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. GERAL	16
2.2. ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO	17
3.1.1. <i>Free Stall</i>	18
3.1.2. <i>Compost Barn</i>	19
3.2. MECANISMOS DE TERMORREGULAÇÃO	22
3.3. ESTRESSE TÉRMICO	23
3.4. BEM-ESTAR ANIMAL	25
3.5. COMPORTAMENTO DE VACAS DE LEITE	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL	30
4.2. DESCRIÇÃO DOS ANIMAIS	35
4.3. TRATAMENTOS	36
4.4. AVALIAÇÕES	37
4.4.1. Comportamento Animal	37
4.4.2. Variáveis térmicas do ambiente e da cama	38
4.4.3. Bem-estar animal	41
4.4.4. Termorregulação	43
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	45
4.5.1. Comportamento animal	45
4.5.2. Variáveis do ambiente (térmicas), da cama e termorregulação	46
4.5.3. Escore de higiene, claudicação e cocho	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1. AMBIENTE	49
5.2. TERMORREGULAÇÃO	63
5.3. COMPORTAMENTO ANIMAL	67
5.4. BEM-ESTAR ANIMAL	83
6. CONCLUSÕES	87
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A – Quadro de potência do painel elétrico do sistema de ventilação.	100
APÊNDICE B – Comando Full Gauge do painel elétrico.	102
APÊNDICE C – Planilha de avaliação das variáveis de comportamento animal.	104
APÊNDICE D – Planilha de avaliação das variáveis de comportamento animal.	106
APÊNDICE E – Planilha de avaliação das variáveis bem-estar animal.	108
APÊNDICE F – Planilha de avaliação das variáveis de termorregulação e escore de cocho.	110
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa no Uso de Animais - PROCESSO Nº: 23064.043286/2018-14.	112

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da pecuária leiteira nas últimas décadas e o alto valor do custo de produção do litro de leite, os sistemas confinados vêm ganhando destaque. Galama et al. (2020) complementam que além da maior produtividade por animal, estes sistemas permitem um maior controle do clima, diminuição na emissão de gases, melhor aproveitamento de resíduos e a maior eficiência aos recursos financeiros investidos.

Dentre os sistemas confinados para a produção de leite, os mais comuns são os *free stall* e *compost barn*, sendo que o primeiro está há mais tempo consolidado no Brasil e possui um embasamento científico mais satisfatório e o *compost barn* é um sistema mais recente no país, mas que permite a estabulação livre e tem apresentado bons resultados.

Esse sistema vem demonstrando vantagens em relação ao *free stall* pois, além dos incrementos produtivos, melhora a limpeza dos animais, conferindo melhor qualidade do leite (BIASATO et al., 2019), e também menor incidência de problemas de locomoção, que melhoram o bem-estar e aumentam a longevidade dos animais (BARBERG et al., 2007; BLACK et al., 2013).

No entanto, diferente do sistema *free stall*, o *compost barn* possui uma maior complexidade no controle do microclima ambiental em virtude de possuir uma cama de compostagem, que não tolera altas umidades. Em situações de excesso de umidade na cama, patógenos indesejáveis podem se desenvolver e afetar a sanidade, principalmente da glândula mamária dos animais.

Visando manter o conforto térmico satisfatório, o índice de temperatura e umidade (ITU) das instalações deve ser conservado inferior a 72, para que não haja declínio do consumo de matéria seca e, conseqüentemente, de produção de leite (ZIMBELMAN et al., 2009).

Para a manutenção de ambiente térmico confortável aos animais faz-se necessário, além da ventilação natural, um bom sistema de ventilação mecânica. Este sistema, mesmo não reduzindo a temperatura do ar, precisa melhorar a troca por convecção, o que traz uma melhor sensação térmica aos animais (DAMASCENO, 2020).

Segundo Araújo (2002), a ventilação mecânica e o resfriamento evaporativo

têm sido amplamente utilizados para melhoria das condições térmicas ambientais no verão para vacas de leite confinadas, com intuito de reduzir o estresse térmico e manter a produção de leite.

No sistema *compost barn*, a grande limitação deve-se ao fato de a cama ser composta basicamente por serragem e matéria orgânica e não tolerar altas umidades, o que impossibilita a implantação de sistemas de resfriamento com a utilização de água no local de descanso dos animais. Segundo Marciniak (2014), aspersores não devem ser utilizados na área da cama nesse tipo de instalação, senão assim, outras medidas devem ser tomadas para reduzir o estresse térmico.

Segundo Müschner-Siemens et al. (2020), o maior problema da pecuária leiteira será o estresse térmico e irá atingir, principalmente, galpões naturalmente ventilados. Atualmente, a maior parte dos sistemas *compost barn* conta com sistemas de ventilação mecânica, no entanto, sem critério específico relacionado à temperatura para o acionamento dos ventiladores.

Pesquisas existentes comentam sobre ambiência (OLIVEIRA et al, 2019; ECKELKAMP et al., 2016a; LOBECK et al., 2011), mas poucas informações trazem em relação a temperatura de acionamento do sistema de ventilação em *compost barn*. Sabe-se que 90% da estação de verão atinge temperaturas médias acima de 20 °C, e para vacas de alto rendimento, temperaturas acima desse limiar tornam-se críticas, evidenciando a queda na produção de leite (HERBUT; ANGRECKA; GODÝN, 2018). Portanto, tanto produtores quanto técnicos têm dúvidas quanto à temperatura adequada para que o acionamento dos ventiladores seja eficiente na melhoria das condições térmicas da instalação.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Objetivou-se avaliar os diferentes programas de ventilação em um sistema de confinamento *compost barn* em relação ao efeito sobre a qualidade da cama, conforto térmico e comportamento de vacas em lactação.

2.2. ESPECÍFICOS

- Avaliar os programas de ventilação influenciam na variação da temperatura, umidade e na qualidade da cama;
- Examinar a variação na ventilação em sistema *compost barn* interfere no conforto térmico das vacas;
- Analisar o comportamento e bem-estar dos animais são influenciados pelos diferentes programas de ventilação;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

No Brasil, os sistemas de produção na bovinocultura de leite podem ser classificados como extensivo, semi-intensivo ou intensivo. O sistema extensivo é caracterizado pela utilização de pastagens nativas como fonte única de alimento à produção animal, sendo estas pastagens com alta deficiência de nutrientes, caracterizando ciclos longos de exploração (CEZAR et al., 2005).

O sistema semi-intensivo é desenvolvido em propriedades mais especializadas onde a alimentação dos animais deixa de ser somente a pasto sendo suplementadas com minerais e concentrados, além de volumosos conservados (OLIVEIRA, 2008). O mesmo autor ressaltou que este tipo de sistema permite maiores avanços tecnológicos, uso da terra mais consciente e ciclos de produção mais rápido que os outros sistemas. Todavia, o sistema intensivo é o que demonstra melhores resultados econômicos e basicamente diferencia-se dos demais pelo alto nível tecnológico e muitas vezes pelo confinamento de animais para maior obtenção de lucros e aproveitamento de terras.

O desenvolvimento econômico, nível de instrução e capacidade de gestão dos pecuaristas determina a evolução dos sistemas de produção leiteira. As exigências de qualidade por parte da indústria e perfil do consumidor levam à tecnificação da produção de leite, saindo de sistemas extensivos para sistemas intensivos, onde ocorrem tanto mudanças na produtividade como nas instalações e equipamentos necessários para produzir leite de qualidade com longevidade dos animais.

Nos sistemas de produção de leite a pasto, os investimentos com instalações, especialmente, aquelas destinadas ao abrigo de animais, são menores do que nos sistemas confinados. Segundo Campos, Klosowski e Torres de Campos (2006) as instalações são um fator muito importante dentro da pecuária leiteira, devem ser espaçosas, bem arejadas, de fácil limpeza e que propiciem o maior conforto animal possível. Para o sistema ser eficiente é fundamental que a movimentação, alimentação e o manejo dos dejetos sejam favoráveis às condições de trabalho e sejam viáveis economicamente. A grande maioria das construções são abertas e com

ventilação natural, podendo ser associada com ventilação mecânica para gerar maior fluxo de ar, possibilitando melhor conforto térmico dos animais.

Em busca de maior eficiência, tanto nos rebanhos como na produtividade, os sistemas de produção vêm se intensificando, principalmente na pecuária leiteira que vem migrando para os confinados (*free stall* e *compost barn*), no intuito de maiores produtividades por animal e por área de terra, visto que boa parte da energia que o animal gasta para se deslocar será destinada para produção.

3.1.1. *Free Stall*

O *free stall* surgiu nos Estados Unidos, na década de 50, e difundiu-se rapidamente devido aos seus melhores resultados em relação aos sistemas da época. No Brasil, o sistema *free stall* começou a ser utilizado na década de 80, quando alguns produtores implantaram esse sistema e obtiveram sucesso demonstrando sua viabilidade econômica, apesar de seu alto custo (OLIVEIRA, 2015).

O sistema *free stall* é caracterizado por os animais ficarem em baias individuais uma ao lado da outra, que são dimensionadas de acordo com o tamanho dos animais para propiciar maior conforto possível, no entanto, não permite muita movimentação do animal. As camas são, geralmente, compostas por colchões de borracha e a divisão das baias é feita com tubos galvanizados ou materiais alternativos, o acesso a camas é livre, mas há uma barra limitadora que evita que o animal defeque e urine na cama, pois precisa se afastar toda vez que se levanta (CAMPOS, KLOSOWSKI; TORRES DE CAMPOS, 2006).

De acordo com Cook e Nordlund (2009), devido a extensa área de piso e a variação do tamanho dos animais em relação as baias, o *free stall* apresenta maior prevalência de lesões locomotoras nos animais. Os mesmos autores complementam que camas de areia e pisos emborrachados podem auxiliar a melhorar o conforto dos animais neste sistema, diminuindo assim o escore de claudicação.

Endres e Janni (2008) comentam que as instalações têm impacto direto sobre a saúde e longevidade dos animais e ressaltam que o *Compost Bedded Pack Barn* é um sistema alternativo de estabulação livre e coletiva para vacas leiteiras, que proporciona maior conforto.

3.1.2. *Compost Barn*

O sistema *compost barn* é um sistema de confinamento *loose housing* alternativo, ou seja, de estabulação livre (ECKELKAMP et al., 2016a), desenvolvido nos EUA, na década de 80, mas, somente no ano de 2001 foi implementado com sucesso (JANNI et al., 2007). Todavia, no Brasil este sistema é recente, pois surgiu mais tarde, em meados de 2012, na cidade de Piracicaba/SP (MOTA et al., 2017).

Trata-se de um sistema com uma cama coletiva composta comumente de maravalha de madeira, com altura média inicial de 30 até 50 cm, ficando esta cama situada separadamente da pista de alimentação. Shane, Endres e Janni, (2010) acrescentaram que nos EUA em épocas de escassez de matéria prima (inverno), pode se utilizar materiais alternativos como sabugo de milho, palha de soja, entre outros, contanto que estes estejam secos e de tamanho menor que 2,5 cm, com boa absorção de líquidos.

De acordo com Endres e Barberg (2007), em comparação ao sistema *free stall*, a qualidade de cama e o ambiente coletivo de livre acesso no *compost barn* proporcionam melhor desenvolvimento do comportamento natural dos animais. Além disso, esse sistema é mais favorável para a posição de descanso dos animais; de acordo com Ofner-Schröck et al. (2015) vacas alojadas em *compost barn* permanecem mais tempo deitadas e mesmo quando permanecem em pé, ficam em uma superfície menos abrasiva.

Segundo Endres e Barberg (2007), esse sistema também possibilita que as vacas deitem de maneira natural (cabeça erguida, cabeça no chão, cabeça para trás e deitada de lado), não demonstrando alteração no comportamento social, o que caracteriza o sistema como um bom ambiente para alojamento dos animais.

Além disso, essa superfície em que os animais permanecem é macia e de área ampla, diminuindo assim, consideravelmente as lesões do sistema locomotor, quando comparado ao sistema tipo *free stall* (KLAAS et al., 2010). No entanto, esta cama requer cuidados diferenciados e que ela passe pelo processo de compostagem corretamente. Barberg et al. (2007) mencionaram que ela deve ser revolvida, com escarificador, no mínimo de duas vezes ao dia, a uma profundidade média de 15 a 25 cm.

A lotação excessiva dos animais pode prejudicar a qualidade da cama, já que

esta depende de matéria orgânica, umidade (40 a 65%) (SHANE et al., 2010), temperatura e oxigênio adequado para o ótimo processo de compostagem, este ocorrendo a uma temperatura inferior, de 54 a 65 °C e propicia a manutenção da cama macia e seca para os animais deitarem (JANNI et al., 2007).

Segundo Soares (2018), quando os animais se aglomeram em pontos da instalação mais confortáveis, esses pontos iram ter acúmulo de dejetos e, conseqüentemente, maior compactação, esses fatores vão interferir na umidade, temperatura, pH e na relação carbono/nitrogênio do material em compostagem.

A compostagem adequada da cama dependente de microrganismos decompositores desta matéria orgânica, que como produto da compostagem iram produzir dióxido de carbono, água e calor (EKINCI; KEENER; AKBOLAT, 2005; BEWLEY et al., 2012). Este processo está diretamente relacionado com os fatores ambientais, como clima e lotação, e para obter-se uma cama de qualidade e bom conforto térmico para os animais é necessário, além do bom manejo de revolvimento, um sistema de ventilação adequado.

Em relação a taxa de lotação é fundamental que para manutenção de uma boa qualidade de cama se mantenha dentro de padrões mínimos de acordo com raça dos animais. Endres e Barberg (2007) acrescentaram que essa lotação depende do tamanho do animal, sendo a área média por animal de 9,4 m², considerando que para vacas da raça Holandesa a área mínima precisa ser de 7,2 m² e para vacas da raça Jersey, de 6,1 m².

Segundo Leso et al. (2020), a lotação de área de cama varia de 7,4 a mais de 15 m² por vacas, dependendo de fatores como clima, tipo de cama, manejo da cama e características dos animais. Quando se reduz o espaçamento por animal, a reposição da cama será maior, porém as condições de clima de cada local devem ser consideradas, como, por exemplo, em climas úmidos é sempre necessário mais espaço de cama por animal. Em climas de umidade elevada, como o subtropical, esta recomendação é superior, ficando em torno de 15 m² (KLAAS et al., 2010).

Esse tipo de sistema proporciona maior conforto e bem-estar dos animais, tendo em vista o oferecimento de local seco e confortável para as vacas descansarem. Isto pode ser observado por Black et al. (2013), onde os animais obtiveram melhores escores de higiene, desempenho reprodutivo e contagem de células somáticas (CCS) neste tipo de sistema, além da diminuição do índice de mastite (BARBERG et al.,

2007).

Burgstaller et al. (2016) afirmaram que existe alta correlação entre CCS e escore de claudicação, sendo que em estudo os animais com alta incidência de problemas de cascos foram fortemente influenciados por seus níveis de CCS. Este escore de claudicação tem relação significativa com a reprodução, em virtude da diminuição de problemas locomotores que permite a manifestação de estros e comportamento de monta mais naturalmente (LOBECK et al., 2011).

Damasceno (2012) complementa que além desse sistema proporcionar maior conforto, favorece a longevidade dos animais. Tendo em vista que as condições climáticas nem sempre são adequadas para o conforto térmico dos animais, Berman (2005) afirma que o ITU pode ser utilizado para monitorar o estresse causado pelas oscilações de temperatura.

Levando em consideração o aumento da dificuldade de perda de calor em umidades elevadas, Collier et al. (2012) acrescentam que o ITU é mais eficaz que considerar somente a temperatura da zona de termoneutralidade. Zimbelman et al. (2009) complementam que em dias de ITU superior a 72, há declínio de consumo de matéria seca, sendo importante verificar concomitante ao ITU, o tempo que estes animais permanecem em estresse térmico.

Herbut e Angrecka (2018) observando o comportamento de vacas em lactação em sistema confinado verificaram que dias de ITU abaixo de 68, o tempo de repouso dos animais foi de 11,3 h, já em dias de ITU superior a 73, foi de 9,4 h, além disso, o tempo de ócio deitado também foi duas vezes inferior. Neste estudo também foi demonstrado que, quando o ITU é superior a 73, essa relação, ITU:tempo de repouso, é inversamente proporcional.

Segundo Marciniak (2014), um galpão com forro plano, com dutos de exaustão e suprimento de ar lateral, possui melhores condições térmicas e de umidade e o risco de estresse térmico em vacas é menor do que em galpão com cume e aberturas de ventilação. O autor ainda ressaltou que é necessário usar dispositivos como ventiladores e misturadores de ar em estábulos e outras medidas para reduzir o estresse térmico.

Além de influenciar na qualidade da cama, o microclima também influencia no conforto térmico dos mesmos. Sendo assim, torna-se necessário uma ventilação adequada, tanto para manter a umidade da cama quanto para auxiliar na manutenção

da temperatura corporal dos animais.

3.2. MECANISMOS DE TERMORREGULAÇÃO

Os bovinos são animais homeotérmicos, por manterem uma temperatura corpórea estável, apesar das variações na temperatura do ambiente. Para manter essa homeotermia, eles possuem mecanismos de regulação específicos.

Segundo Robinson (2004), esta regulação ocorre através de uma transmissão neuroendócrina, onde termorreceptores distribuídos pela pele captam as sensações e enviam uma informação para os receptores da temperatura central no hipotálamo. Por sua vez desencadeará uma resposta específica de acordo com a situação (frio ou calor). Esta resposta depende do tipo de sensação, isto é, se esta for de calor, a resposta imediata será a vasodilatação periférica. Caso esta seja insuficiente, o organismo lança mão de um próximo mecanismo que é a sudorese (evaporação) e o aumento de frequência respiratória, para que se possa perder calor ou, quando a sensação for de frio, a resposta será a vasoconstrição cutânea, piloereção seguida de tremor (REECE, 2006).

Silva (2000) mencionou que quando os animais saem da zona de homeotermia, o organismo possui um limite de temperatura crítica inferior e superior, sendo este limite ultrapassado inicia-se o estado de hipotermia (frio) e hipertermia (calor). Este limite varia de acordo com a idade, estado fisiológico, grau de isolamento térmico, produção de leite e aclimação, dado que em situações de hipotermia o organismo precisa aumentar a produção de calor interno e já em situação de hipertermia o organismo inicia mecanismos compensatórios de perda de calor (ANDREWS et al., 2008).

Segundo Perissinotto et al. (2006), a faixa de conforto térmico para vacas holandesas em lactação, varia de 4 °C a 26 °C. No entanto, há divergências em que West (2003) afirma que temperaturas acima de 22 °C causam desconforto e queda de produção, enquanto outros autores afirmaram que pode se ter estresse acima de 21 °C (GAUGHAN et al., 2008).

Tendo em consideração que o estresse térmico por calor é de maior ocorrência no Brasil, Maia, Silva e Loureiro (2008) constataram que em temperaturas

iguais ou superiores a 32 °C, as vacas holandesas começam o mecanismo de perda de calor por evaporação, sendo 85% por meio de evaporação cutânea e o restante pela evaporação respiratória. Contudo, os autores ainda complementaram que a troca de calor pela via cutânea é muito comprometida quando a umidade relativa do ar estiver acima de 80%, podendo levar a sérios distúrbios metabólicos.

A temperatura superficial dos animais é fortemente influenciada pela temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento (ALMEIDA et al., 2010). Porém, a temperatura superficial vem sendo uma forma eficaz de avaliar o microclima do ambiente que o animal está inserido, devido a sua facilidade de avaliação, já que não requer contato com o animal e ainda possui alta correlação com a frequência respiratória (COLLIER et al., 2006).

A frequência respiratória e temperatura superficial animal são bons indicadores de conforto térmico. A frequência respiratória média de uma vaca leiteira é de 26 movimentos por minuto, evidenciando que valores entre 40-60 mov. min.⁻¹ indicam baixo nível de estresse, de 60-80 mov. min.⁻¹ médio, de 80-120 elevado e valores acima de 150 mov. min.⁻¹ são considerados como estresse severo (SILANIKOVE, 2000).

Em situações de excesso de calor, os animais entram em estresse térmico e acabam por se isolar para áreas de sombra e vento, aumentando assim, o consumo de água e diminuindo a ingestão de matéria seca. Isso traz muitos danos à saúde do animal e, de forma geral, vários prejuízos à produção de leite.

3.3. ESTRESSE TÉRMICO

Os bovinos leiteiros, durante a fase produtiva, são mais sensíveis ao estresse por altas temperaturas, levando em consideração o processo fermentativo no rúmen, em razão da alta produção de calor metabólico e do consumo de ração, associado à produção de leite em si. Portanto, esta produção de calor interno lhes confere maior resistência ao estresse pelo frio (COLLIER et al., 2012). Contudo, o desafio é consideravelmente maior para vacas de alta genética e elevada produção, já que ocorrem inúmeros melhoramentos para o ganho em produção e estes animais de alta produção tem sua tolerância ao calor reduzida (KADZERE et al., 2002).

O estresse pelo calor ocorre quando a capacidade do animal de dissipar calor é inferior ao calor recebido, seja ele do ambiente ou do metabolismo energético. Esse desafio é multifatorial, oriundo de fatores como temperatura, umidade relativa, radiação, velocidade do vento e precipitação pluvial (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007).

Os prejuízos causados pelo estresse térmico são inúmeros, em virtude da gama de sistemas afetados, Ravagnolo, Misztal e Hoogenboom (2000) demonstraram que a cada 24 horas que o ITU (índice de temperatura e umidade) for superior a 68, há um decréscimo em produção de 0,2 kg dia⁻¹. Isto ocorre em virtude da dificuldade de troca de calor na presença da alta umidade que altera a ingestão de alimento. Todavia, West (2003) comenta que as quedas abruptas de produção ocorrem em temperaturas acima de 22 °C ou ITU acima de 72.

Segundo Collier et al. (2012), essa diminuição de produção deve-se ao decréscimo de consumo de matéria seca, bem como a redução dos níveis proteicos do leite ocorre em virtude do impacto térmico ocasionado pelo excesso de temperatura elevada, que prejudica as células epiteliais do sistema mamário, gerando redução na produção de proteína no leite. Os autores ainda avaliaram que temperaturas acima de 23,9 °C podem alterar outros compostos do leite além de proteína, como a gordura, lactose e os sólidos não gordurosos.

Além das alterações de características do leite, ocorrem outros danos, como por exemplo, os reprodutivos. A temperatura retal fisiológica média para vacas leiteiras é de 38,6 °C, variando entre 38 °C e 39,3 °C (ROBINSON, 2004). Em estudo realizado por Vasconcelos et al. (2011), foram avaliadas 33 propriedades, e nestas, 60% das vacas apresentaram temperatura elevada no período vespertino do dia. Os mesmos autores ainda comentaram que animais com temperaturas retais superiores a 39 °C têm problemas na manutenção da gestação, principalmente em vacas de alta produção.

Almeida et al. (2010) evidenciaram que o incremento de ventilação mínima de 30 minutos para os animais na sala de espera antes da ordenha resultou em 4,3% de incremento produtivo. Domingos et al. (2013) demonstraram que a aspersão, juntamente com a presença de sombra, causa efeitos benéficos em qualquer tempo que for realizada, sendo que vacas que foram molhadas de 1 em 1 hora tiveram redução significativa de temperatura e taxa respiratória, além do incremento produtivo,

melhorando significativamente o estresse térmico.

A quantidade de tempo que o animal fica sob estresse térmico também é um fator relevante a ser considerado, Gaughan et al. (2008) relataram que apesar do calor diurno, animais que permanecerem por um período de 3 a 6 horas com temperatura inferior a 21 °C tiveram seu estresse diminuído. Estes autores ainda ressaltaram a importância da redução da temperatura corpórea no período noturno para o auxílio da manutenção da temperatura corpórea durante o dia.

Os sistemas de confinamento permitem maior controle das variáveis microclimáticas. No entanto, alguns sistemas de confinamento podem restringir o comportamento e dificultar o bem-estar dos animais por privá-los de manifestar suas atividades. Pilatti e Vieira (2017) ressaltaram que o *compost barn* apresenta-se com grande potencial como sistema de criação capaz de proporcionar conforto e bem-estar aos animais. Contudo, esses autores alertaram que para as condições climáticas do Brasil, faz-se necessário um bom sistema de climatização que permita eficientes trocas térmicas entre o meio interno e externo.

3.4. BEM-ESTAR ANIMAL

Antigamente acreditava-se que os animais não tinham habilidades sencientes e eram tratados como máquinas de produção. Todavia, no ano de 1964, o bem-estar começou a ser discutido, com o surgimento de um livro escrito por uma jornalista Ruth Harrison sobre maus tratos aos animais mantidos em confinamento na Inglaterra (WEERD, 2008).

A partir de 1965, as denúncias começaram e o governo britânico fundou o Comitê Brambell para tratar dos assuntos de maus tratos aos animais e este comitê elaborou as condições mínimas para assegurar o bem-estar dos animais (BRAMBELL, 1965). Após 14 anos, a Farm Animal Welfare Council (FAWC) revisou os códigos propostos pelo Relatório Brambell, dando origem as Cinco Liberdades. De acordo com estes princípios, todo animal deve ser livre de fome e sede (1), livre de desconforto (2), livre de dor, lesão ou doença (3), livre para expressar seu comportamento natural (4) e livre de medo e angústia (5) (FAWC, 2009).

Posteriormente, o conceito de bem-estar animal foi definido como o estado do

indivíduo ao tentar se lidar com o ambiente em que convive, isto dependendo da sua atividade biológica (BROOM, 2011), podendo esta ser afetada quando as necessidades (fisiológicas e psicológicas) do animal não são atendidas. Este insucesso nas necessidades do animal pode levar a frustrações e desencadear sofrimento, alterando o desenvolvimento do animal, podendo levar até ao óbito. (BROOM; MOLENTO, 2004). Em contrapartida, o funcionamento biológico é insuficiente como indicador principal de bem-estar animal (HONORATO et al., 2012).

Tendo em vista que os animais possuem sentimentos, outros autores referem-se ao bem-estar como o estado emocional do animal, considerando que se estas necessidades forem atendidas, as físicas também seriam (DUNCAN; PETHERICK, 1991). Todavia, levar em consideração somente os sentimentos é uma forma muito abstrata de avaliar bem-estar animal (DUNCAN, 2005). Conceitos atuais englobam a qualidade de vida dos animais, levando em conta os aspectos de saúde, de adaptação natural ao meio onde vivem e ao seu estado afetivo (ZANIN et al., 2016).

Webster (2001) relaciona o bem-estar a capacidade do animal de enfrentar as dificuldades diárias do meio em que se encontra e ainda assim, manter sua produção e longevidade. De acordo com a situação que se encontram, os animais podem alterar seu comportamento natural e Grandin e Deesing (2014) trazem que o comportamento dos animais contribui como um bom indicador do nível de bem-estar.

Nos atuais sistemas de produção de vacas leiteiras, surge a preocupação com este comportamento dos animais, que pode influenciar diretamente na vida produtiva dos mesmos. Honorato et al. (2012) apontaram que a criação de bovinos para a atividade leiteira, do ponto de vista do bem-estar, é afetada em muitos aspectos, desde a interação com o homem, as interações sociais entre animais, a forma de alimentação e a qualidade da mesma, condições ambientais (microclima) e doenças, além do comportamento animal.

No Brasil, a maior parte dos rebanhos leiteiros ainda tem acesso a pastagem, que proporciona maior bem-estar (CHARLTON et al., 2011). No entanto, para que isso ocorra, é fundamental o acesso à sombra para as vacas (BOND et al., 2012), mas nem sempre isso é possível. Costa et al. (2013) realizaram um estudo em três sistemas de produção: extensivo, a pasto e semi-intensivo, e neste estudo foi possível verificar a ausência de sombras e água potável, além de problemas de saúde como infestação de carrapatos, mastite e claudicação.

Nos sistemas intensivos (confinamentos) também pode-se observar casos de lesões no sistema locomotor. Potterton et al. (2012) afirmaram que a laminite é uma condição de bastante importância para avaliar o bem-estar, visto que causa dor e afeta a produção. Bicalho et al. (2007) ainda complementaram que a laminite aumenta o risco de a vaca ser sacrificada antes do fim da lactação. Todavia, um sistema de confinamento alternativo, como o *compost barn*, por ter uma cama de superfície macia, pode reduzir consideravelmente os problemas do sistema locomotor e aumentar a saúde e longevidade dos animais (LOBECK et al., 2011).

Barberg et al. (2007) ressaltam que quando os animais estão mais limpos, ou com melhores escores de higiene, tem-se uma melhora na saúde do úbere e uma diminuição de infecções por mastite, ressaltando assim, melhores condições para o bem-estar dos animais.

O convívio em grupo é fundamental para minimizar o estresse (KIKUSUI; WINSLOW; MORI, 2006) e garantir o bem-estar dos animais, tendo em vista que os bovinos são animais gregários e que formam agrupamentos para manter sua segurança (GRANDIN; DEESING, 2014). No entanto, as instalações mal dimensionadas e o espaço individual cada vez menor, pode aumentar esse estresse (BROOM; FRASER, 2010) e fazer com que os animais de caráter dominante tenham melhor acesso a comida e conforto do que os animais dominados.

3.5. COMPORTAMENTO DE VACAS DE LEITE

De acordo com Jensen (2002), o comportamento é como um reflexo, seja este, resposta de um estado fisiológico ou de alguma ação específica. Este comportamento é determinado por condições físicas, fisiológicas e emocionais, podendo ser influenciadas pelo meio em que está sujeito (BROOM; MOLENTO, 2004). Portanto, o comportamento animal nos traz informações relevantes em relação ao que o animal está sendo exposto e nos auxilia a melhorar as condições de estresse, auxiliando no bem-estar animal (BOND et al., 2012).

Nos sistemas de produção da atividade leiteira realiza-se a criação e produção dos animais separadas por grupos, seja eles por idade ou estado fisiológico. Isso acaba interferindo no comportamento social dos animais, uma vez que as vacas

formam famílias (GRANDIN; JOHNSON, 2010) e dentro dessas, mantem vínculos, desenvolvendo hierarquias e comportamentos de dominância (GIBBONS; LAWRENCE; HASKELI, 2010).

A hierarquia das vacas geralmente define-se por idade e peso (SÁROVÁ et al., 2013), sendo comum os animais dominantes gerarem conflitos por competição por comida, água ou até mesmo espaço (PARANHOS DA COSTA; COSTA E SILVA, 2007). Pilatti e Vieira (2017) ainda sugeriram que as vacas multíparas, por terem comportamentos mais agressivos, comumente estão no topo da hierarquia social, com a denominação de dominantes. Na estrutura hierárquica os animais dominantes ficam em primeiro, seguido dos intermediários e por último, os subordinados. Isto significa que as vacas dominantes sempre terão privilégios (MACHADO FILHO et al., 2015), e conquistam isto através de relações de agonia, como cabeçadas e empurrões (BROOM; FRASER, 2010).

Hötzel, Lemos e Machado Filho (2013) referiram que a hierarquia influencia também no consumo de água, se este for limitado em um período de 30 minutos por dia, os animais de posição social mais inferior, como os subordinados, podem ficar até 48 horas sem ingerir água. Além disso, as vacas dominantes também escolhem o lado da sala de ordenha (HALL, 2002), almejando serem ordenhadas todo dia no mesmo lado (PRELLE et al., 2004). No entanto, os mesmos autores ainda complementaram que vacas que não tem preferência no momento da ordenha, geralmente, são melhores adaptadas para ambientes novos.

Nos sistemas intensivos de criação, onde há grande quantidade de animais em espaços menores, algumas interações sociais podem ficar agressivas, pela diminuição do espaço individual. Ou seja, é a distância mínima que o animal mantém de outros indivíduos, com a finalidade de ter espaço adequado para realizar seus movimentos básicos como deitar, levantar, virar e até coçar-se. Além disso, a aglomeração altera também a zona de fuga, que é o espaço máximo onde a vaca deixa outro indivíduo se aproximar (PARANHOS DA COSTA, 2002).

Diversos fatores podem alterar o comportamento animal, dentre eles, o estado fisiológico das vacas, onde no início de lactação o consumo de alimentos é menor, devido às transformações fisiológicas que ocorrem nesse período (COSTA et al., 2013).

O comportamento social também tem pontos positivos como interações entre

animais da mesma família ou com vínculos de proximidade. Esses comportamentos favorecem o bem-estar, sendo o principal a lambedura social, este auxilia na limpeza e também na estabilidade psicológica das vacas (BROOM; FRASER, 2010). Pilatti et al. (2018) afirmaram que o estresse térmico altera esse comportamento social das vacas, sendo que leva à aglomerações, que por sua vez, ocasionam competição por ventilação, espaço e água, desencadeando comportamentos sociais mais agressivos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto obteve aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Câmpus* de Dois Vizinhos, protocolo n° 2018-038, em reunião ocorrida em 11 de dezembro de 2018.

O presente estudo foi realizado de 12 dezembro de 2018 a 29 de janeiro de 2019 (estação quente) em sistema de confinamento *compost barn*, em uma propriedade particular do interior do município de Campo Erê (SC), localizada a 26° 29' 01" S e 53°07'22" W (Figura 1), a 868 metros acima do nível do mar.

Figura 1 – Localização e distribuição das instalações rurais.



Fonte: Google Maps, 2019.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é considerado subtropical úmido (Cfa), com precipitação anual média 2045 mm, temperaturas médias entre -3 e 18 °C nos meses frios e, nos meses quentes, temperaturas em torno de 22 °C (ALVARES et al., 2013).

4.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL

O *compost barn* foi implantado na propriedade em abril de 2016, com capacidade de abrigar até 72 animais (11,45 m² por animal). Entretanto, a lotação média é de 60 animais, o que confere 13,75 m² por animal e facilita o manejo do

sistema.

O galpão encontra-se na orientação Norte/Sul e sua estrutura física é composta por área de repouso com cama de maravalha de madeira com 825 m² (55 m x 15 m), pista de alimentação com 154 m² (55 m x 2,8 m) e sala de ordenha anexa ao galpão (sistema canalizado, sala de ordenha tipo espinha de peixe 2 x 7). A pista de alimentação contava com canzís para 72 vacas e quatro bebedouros (Figura 2).

Figura 2 – Estrutura do galpão *compost barn*.



Fonte: Autora, 2020

O galpão é constituído por telhas de aluzinco, tesouras metálicas e pilares de concreto, com pé-direito de 4 m de altura, sem lanternim. Também possui cortinas laterais retráteis de PVC de cor azul, utilizadas somente no inverno e em dias de chuva intensa (Figura 3).

Figura 3 – Disposição dos ventiladores no galpão *compost barn*.



Fonte: Autora, 2020.

O sistema de ventilação conta com seis ventiladores de alta velocidade e baixo volume de ar (LHVS), monofásicos da marca Gimenez®, com três hélices, potência de 3 cv. e capacidade de fluxo de ar de $69.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, inclinados em 45° , a 2,4 metros da cama. Estes, anteriormente a pesquisa, funcionavam com acionamento manual nos horários mais quentes do dia.

Para execução da pesquisa foi instalado um painel de acionamento automático conforme a temperatura ambiente do interior da instalação (Figura 4). Esse painel elétrico é composto por um quadro de potência e um controlador Full Gauge, ambos ilustrados no APÊNDICE A e B, respectivamente. O controlador digital é composto por quatro estágios, com alarme, temporizador (timer) cíclico, comunicação serial e funções HACCP, da marca Full Gauge modelo MT543ELOGV03-01T-15724.

Figura 4 – Sistema de acionamento automático dos ventiladores conforme temperatura ambiente.



Fonte: Autora, 2020.

No que se refere ao manejo da cama, em média a cada 120 dias são adicionados de 10 a 20 m³ de maravalha de madeira, variando de acordo com a necessidade. A cama possui altura média de 40 cm, sendo esta revolvida duas vezes ao dia com enxada rotativa adaptada (Figura 5). A profundidade de revolvimento era de aproximadamente 30 cm de profundidade, para a incorporação dos dejetos, descompactação e controle da umidade da cama.

Figura 5 – Revolvimento da cama com equipamento adaptado.



Fonte: Autora, 2020.

A alimentação para os animais era fornecida na forma de dieta total, três vezes ao dia após as ordenhas, aproximadamente, nos horários de 6:30, 12:30 e 18:30. Esta alimentação era constituída por silagem, feno, ração, farelo de soja e aditivos (mineral e tamponante). A dieta base é balanceada de acordo com o lote de menor produtividade (lote 2) e o volume adicional do lote de maior produtividade (lote 1) era fornecido no horário de 12:30 (farelo de soja e ração) conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Composição da alimentação das vacas em experimentação (lote 1) com base na matéria seca.

Composição	Quantidade (kg/dia de MS)	Total (%)
Silagem de milho	11,227	42,42
Feno de <i>Tifton</i>	2,379	8,99
Concentrado comercial 18% PB	11,336	42,83
Farelo de soja (46% PB)	0,807	3,05
Tamponante (bicarbonato de sódio)	0,270	1,02
Mineral comercial	0,450	1,70
Total	26,469	100

Fonte: Autora, 2020.

4.2. DESCRIÇÃO DOS ANIMAIS

Foram utilizadas 19 vacas multíparas da raça Holandesa preta e branca em lactação, com peso médio de 652 kg, dias em lactação (DEL) médio de 106 dias e produção diária média de 44 litros. Os animais eram divididos em dois lotes, lote 1: vacas recém paridas de alta produtividade (45 litros de leite), com DEL médio de até 150 dias; e lote 2: vacas com média produtividade (25 litros de leite), com DEL acima de 150 dias.

Todos os animais utilizados para a presente pesquisa estavam alocados no lote 1 (lote de alta produtividade) e foram escolhidos de acordo com o tempo de permanência no lote. O intuito foi de manter o número de animais do experimento inalterado sem movimentá-los de lote, porém, os animais experimentais tinham contato com as vacas que não estavam participando do experimento.

Para a identificação das vacas selecionadas para esta pesquisa foram utilizados colares de cordas, com cores diferentes para cada indivíduo. Estes mesmos animais ficaram alojados durante todo o período do experimento no mesmo local com 13,4m² por animal no presente lote (Figura 6).

Figura 6 – Animais identificados para a experimentação com cordas coloridas individuais.



Fonte: Autora, 2020.

4.3. TRATAMENTOS

Os tratamentos foram as diferentes temperaturas de acionamento de ventilação aplicados a todos os animais da instalação.

A escolha das temperaturas de acionamento dos ventiladores foi baseada em um levantamento de literatura sobre zona de termoneutralidade máxima: 19 °C (BERMAN et al., 1985), 22 °C (WEST, 2003) e de 25 °C (JOHSON, 1987).

Estes tratamentos foram divididos em três programas baseados nas temperaturas acima:

- **Programa 1:** Acionamento automático do sistema de ventilação quando temperatura da instalação for superior a 19 °C.
- **Programa 2:** Acionamento automático do sistema de ventilação quando temperatura da instalação for superior a 22 °C.
- **Programa 3:** Acionamento automático do sistema de ventilação quando temperatura da instalação for superior a 25 °C.

O sensor de temperatura para acionamento do painel de ventilação foi instalado no centro geométrico do galpão, à uma altura de 2,4 metros do piso.

A distribuição dos tratamentos foi feita através de sorteio aleatório e os

mesmos tiveram períodos de duração de sete dias cada. Destes sete dias, três dias foram considerados consecutivos para adaptação e os outros quatro dias para coleta de dados. Toda sexta-feira iniciava um tratamento novo e a coleta procedia de segunda-feira a quinta-feira. Totalizando um período experimental de 42 dias, com 24 dias de coleta de dados, sendo oito dias para cada tratamento.

Neste sistema foram avaliados o comportamento, termorregulação, bem-estar animal e variáveis térmicas do ambiente. Estas avaliações foram realizadas durante todo o período experimental e serão descritas a seguir.

4.4. AVALIAÇÕES

4.4.1. Comportamento Animal

As avaliações foram realizadas por meio de método focal descrito por Del-Claro (2004). Estas foram divididas em quatro dias por semana e 3 horas por dia, estas fracionadas em três estágios de 60 minutos por avaliação (9:30 as 10:30 h; 14:00 as 15:00 h e 16:30 as 17:30 h), totalizando 288 avaliações.

Essas avaliações foram realizadas por dois observadores treinados (APÊNDICE C), cerca de 10 m de distância, para não interferir no comportamento (Figura 7) no momento da observação.

Figura 7 – Animais em avaliação do comportamento animal.



Fonte: Autora, 2020.

O estudo do comportamento foi classificado em um etograma adaptado do método proposto por Endres e Barberg (2007), conforme descrito a seguir:

- Ócio em pé: animal em pé, sem realizar qualquer atividade (ruminando, comendo, etc.);

- Ócio deitado: animal deitado, sem realizar qualquer atividade (ruminando, comendo, etc.);
- Ruminando em pé: animal em pé, regurgitando ou remastigando os alimentos;
- Ruminando deitado: animal deitado, regurgitando ou remastigando os alimentos;
- Comendo: animal ingerindo alimento nas baias de alimentação;
- Ingerindo água: animal ingerindo água nos bebedouros;
- Andando: deslocamento do animal, na área de descanso ou pista de alimentação;
- Ofegação: forma de dissipar o calor corporal. O animal apresenta boca aberta e salivação intensa;
- Afugentar: quando uma vaca chega a menos de 0,5 m de outra fazendo com que o outro animal se afaste sem qualquer contato físico;
- Empurrar: quando uma vaca empurra com o corpo outro animal, fazendo-a se mover;
- Cabeçada: golpe rápido com a cabeça em outra vaca, em geral, sem causar o deslocamento dos animais;
- Lamber: animal lambe (passar a língua) em outro animal.
- Monta: quando uma vaca apresenta comportamento de monta em outro animal;
- Brincar com a cama: quando o animal joga cama para cima de um dos membros anteriores. Além dos comportamentos descritos, foram incluídas duas observações comportamentais, como:
 - Dormindo: animal em decúbito (com os olhos fechados);
 - Coçando: animal se coçando em objetos ou na instalação.

4.4.2. Variáveis térmicas do ambiente e da cama

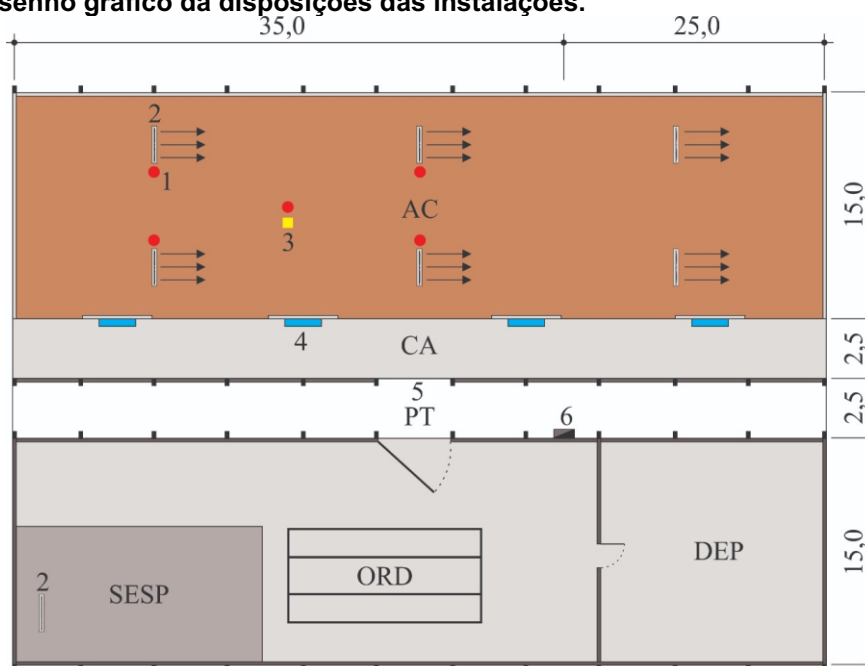
As variáveis térmicas do ambiente interno e externo foram avaliadas quatro vezes ao dia nos seguintes horários: 07:30, 11:30, 16:30 e 18:30. Com isso, totalizando quatro avaliações por dia e 384 durante o período experimental.

Nestes períodos, foram medidas as seguintes variáveis: temperatura do ar

(interna e externa), umidade relativa do ar (%) (interna e externa), velocidade do vento (m s^{-1}) (interna e externa), temperatura da superfície e do interior da cama ($^{\circ}\text{C}$) e umidade interior da cama ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) (APÊNDICE D). As variáveis externas foram mensuradas apenas como dados complementares, sem análise estatística.

Para as medições da temperatura e umidade relativa do ar internas e externas, utilizou-se um data logger HOBO U12 – 013 (Onset), com faixa de medição de temperatura de -20 a 70°C , e de 5 a 95% de umidade, com precisão para aferição de temperatura de $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ de 0° a 50°C e para umidade relativa de $\pm 2,5\%$ de 10% a 90% , até um máximo de $\pm 3,5\%$. As avaliações de temperatura foram feitas em altura de $1,5$ metros do solo, o qual era levado aos pontos de aferição nos horários de avaliação (Figura 8 e 9).

Figura 8 – Desenho gráfico da disposições das instalações.



Ponto 1: pontos de coleta; 2: ventiladores; 3 sensor de temperatura; 4: bebedouros; 5: passador; 6: painel elétrico; AC :área de cama; CA : corredor de alimentação; PT :pista de trato; SESP : sala de espera; ORD : sala de ordenha. DEP: depósito de alimentos.

Fonte: Autora 2020.

Figura 9 - Avaliação das variáveis térmicas externas.



Fonte: Autora, 2020.

Na medição da velocidade do vento interna foi utilizado um anemômetro digital de hélice portátil, modelo MS6252A (Mastech), com faixa de precisão de $\pm 3\%$ de 0,40 a $30,0 \text{ m s}^{-1}$. Realizou-se aferição a 1,5 m da cama e nos cinco pontos, próximos aos ventiladores. Para a avaliação externa procedeu-se na mesma forma, porém, em um único ponto.

Para avaliar a temperatura da superfície da cama foi utilizado um termômetro digital infravermelho com mira laser da marca Flir com faixa de medição de -38 a 365°C e emissividade de 0,95, a 1 m de distância da superfície da cama. A avaliação foi realizada nos cinco pontos de coleta, anteriormente a avaliação de temperatura interna.

Para avaliar a temperatura interna da cama foi utilizado um termômetro espeto digital, modelo TP101, com haste de 15 cm, com faixa de medida de -50°C a 300°C . Na avaliação da umidade da cama, foi utilizado uma haste de 5 cm de comprimento da marca Decagon Devices®, modelo ECH2O EC-S, que foi fixada perpendicularmente ao solo, na profundidade de 20 cm (Figura 10), acoplado ao Data Logger H21 – 002 (Onset).

Figura 10 - Mensuração da temperatura e umidade interna da cama.



Fonte: Autora, 2020.

Por meio dos dados coletados, foi calculado o ITU de acordo com THOM (1958):

$$ITU = Ta + (0,36 * Tpo) + 41,5$$

Em que:

Ta = Temperatura do ar (°C);

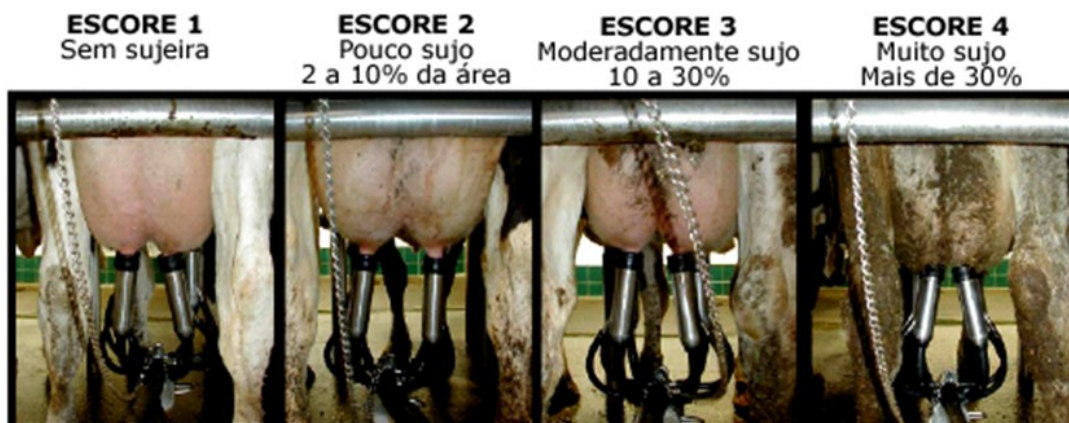
Tpo = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

4.4.3. Bem-estar animal

As observações foram realizadas duas vezes ao dia, durante quatro dias consecutivos, totalizando 192 avaliações (APÊNDICE E). As avaliações de escore de higiene foram realizadas em dois horários (8:45 e 18:40 h) concomitante aos horários de saída da ordenha. As avaliações de escore de claudicação foram realizadas em dois horários próximos as tomadas para escore de higiene (8:55 e 17:30 h), de forma a permitir maior deslocamento dos animais, para uma avaliação mais precisa (deslocamento pré e pós-ordenha).

Para escore de higiene, foi adotada a classificação em escalas de 1 a 4 modelo adaptado de Schreiner e Ruegg (2002), sendo 1 considerado sem sujeira e 4 muito sujo (Figura 11), na Figura 12 pode ser observado o momento da avaliação. Para o escore de claudicação, adotou-se a classificação adaptada sugerida por Sprecher, Hostetler e Kaneene (1997), sendo esta, em escalas de 1 a 5, considerando 1 como normal e 5 severamente manca (Figura 13).

Figura 11 – Mensuração de escore de higiene.











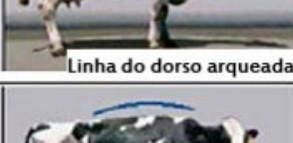

Fonte: Adaptado de Schreiner e Ruegg (2002).

Figura 12 – *Momento da avaliação de escore de higiene.*



Fonte: Autora, 2020.

Figura 13 – Escore de claudicação.

Escore	Descrição	Animal parado	Animal caminhando
1	A linha do dorso permanece reta em qualquer posição. Todas as patas são apoiadas firmemente ao chão	 Linha do dorso reta	 Linha do dorso reta
2	A linha do dorso fica levemente arqueada quando o animal caminha. O apoio ao chão é anormal.	 Linha do dorso reta	 Linha do dorso arqueada
3	A linha do dorso fica arqueada em qualquer posição. Os passos são mais curtos com uma das patas.	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada
4	Alinha do dorso fica sempre arqueada. Proteção de uma ou mais patas, apoiando pouco peso sobre elas.	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada
5	A linha do dorso fica sempre arqueada. Praticamente existe recusa do animal para apoiar-se sobre uma das patas.	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada

Fonte: Adaptado de Sprecher, Hostetler e Kaneene (1997).

4.4.4. Termorregulação

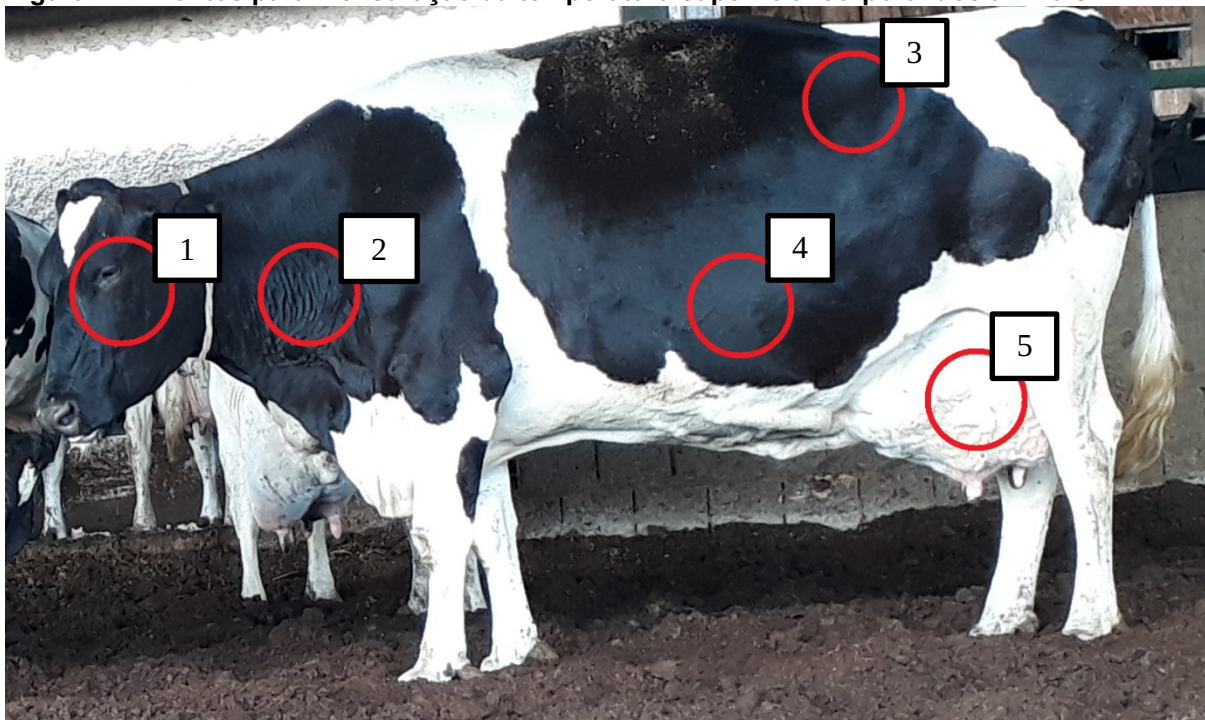
A termorregulação foi verificada através da temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) e frequência respiratória das vacas (mov. min.^{-1}). Ambas avaliações foram realizadas concomitantemente, na frequência de três vezes ao dia nos horários de 5:30, 10:30 e 14:00 h, totalizando 288 avaliações (APÊNDICE F).

A frequência respiratória foi aferida por meio de contagem de movimentos de flanco, durante 15 segundos e, posteriormente multiplicado por quatro para se obter a frequência por minuto, de acordo com Martello et al. (2010).

Para mensurar a temperatura superficial dos animais foi utilizado um termômetro digital infravermelho com mira laser da marca Flir com faixa de medição de -38 a 365°C e emissividade de 0,95, sendo esta, posicionada a 1 m de distância do animal (onde estiverem dispostos), em cinco pontos distintos do lado esquerdo do

corpo do animal (cabeça, pescoço, flanco, barriga e úbere), conforme a Figura 14. Após as coletas de dados, foi realizada a média aritmética destes cinco pontos, adaptado do método de Domingos et al. (2013).

Figura 14 – Pontos para mensuração da temperatura superficial corporal dos animais.



Ponto 1: cabeça; 2: pescoço; 3: flanco; 4: barriga e 5: úbere.
Fonte: Autora, 2020.

Além dos monitoramentos listados anteriormente, foram observadas a produção de leite diária dos animais, dias em lactação e escore de cocho, este último foi observado antes do fornecimento das alimentações, conforme metodologia da Tabela 2.

Tabela 2 – Metodologia de avaliação do escore de cocho.

Escore	Cocho
0	Sem alimento – cocho limpo (“lambido”)
1	Alimento disperso < 5% de sobra
2	Camada fina (< 5 cm) -5% a 10% de sobra
3	Média camada (entre 5 a 8 cm) – cerca de 25% de sobra
4	Camada grossa (> 8cm) – cerca de 50% de sobra
5	Alimento intacto

Fonte: CERVONI, 2006.

4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados deu-se através de inferência bayesiana e, posteriormente os dados foram processados no software R (R Development Core Team, 2019).

4.5.1. Comportamento animal

O estudo do comportamento animal teve como objetivo analisar a probabilidade de os animais apresentarem certo comportamento em relação as horas do dia e submetidos a diferentes tratamentos. Sendo assim, tem-se uma variável resposta binomial (y) que pode ser descrita por um modelo linear generalizado:

$$E(y_{ijkl}) = \pi_{ijkl}$$

$$\text{logit}(\pi_{ijkl}) = \mu\theta_j + v_{k[l]} + \epsilon_{ijkl}$$

Uma possível interpretação do modelo citado é afirmar que existe uma pontuação subjacente à variável observada, de forma que:

$$y_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{se } y_{ik}^* > 0 \\ 0, & \text{se } y_{ik}^* \leq 0 \end{cases}$$

Reescrevendo o modelo:

$$y_{ijkl} = \mu\theta_j + v_{k[l]} + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

- y_{ijkl} é a observação do comportamento do k -ésimo animal no l -ésimo mês, submetido ao j -ésimo programa na i -ésima hora do dia;
- μ é o efeito fixo de “hora” representado por um polinômio de segundo grau: $\alpha + \beta x_{ik} + \gamma x_{ik}^2$;
- x_{ik} se refere à i -ésima hora do dia em que foi observado certo comportamento do animal (k);
- θ_j é a covariável que representa o j -ésimo programa ao qual o animal (k) estava submetido no momento da medição;
- $v_{k[l]}$ é o efeito aleatório do k -ésimo animal dentro do l -ésimo mês de medição

e foi considerado como tendo distribuição normal com média zero e desvio padrão $\frac{1}{\tau_u}$;

- ϵ_{ijkl} é o resíduo que segue uma distribuição logística, a qual tem variância fixa $\frac{\pi^2}{3}$.

Uma vez que os mesmos animais foram submetidos a todos os j tratamentos, nos l meses sucessivos, o efeito aleatório aninhado $v_{k[l]}$ teve que ser incluído no modelo.

Foi usada uma abordagem Bayesiana de inferência. Três distribuições normais independentes com média 0 e desvio padrão 100 foram usadas como prioris para os três parâmetros de efeitos fixos: α , β , γ e θ . O parâmetro de precisão τ_u foi definido como tendo distribuição Meia-Cauchy (0,2).

O ajuste do modelo foi feito usando o software R (R Core Team, 2019) através do pacote brms (BÜRKNER, 2018) que implementa o algoritmo hamiltoniano. Foram geradas 4 cadeias com 3000 iterações em cada cadeia, descartando-se as 1000 primeiras iterações. A convergência foi verificada pelos valores de \hat{R} , onde valores próximos a 1 indicam boa convergência (GELMAN; RUBIN, 1992).

O processo de ajuste gera as distribuições a posteriori dos parâmetros com respectivos intervalos de credibilidade (CI). Quando os CIs de α , β e γ não incluem o zero, conclui-se que existe efeito da hora de medição na probabilidade de os animais apresentarem certo comportamento. Da mesma forma, quando os CIs do parâmetro θ não incluem o zero, conclui-se que existe efeito de programa no comportamento dos animais.

Para uma análise mais detalhada do efeito dos tratamentos, as funções obtidas para cada programa foram graficadas com seus respectivos intervalos de credibilidade. Nesta abordagem, nas horas do dia onde os intervalos de credibilidade de dois tratamentos selecionados não sejam coincidentes a probabilidade do comportamento estudado pode ser considerada distinta entres os dois tratamentos em questão.

4.5.2. Variáveis do ambiente (térmicas), da cama e termorregulação

O estudo das variáveis ambientais teve como objetivo analisar os valores

destas no sistema de instalação *compost barn* medidas em quatro pontos distintos, em quatro momentos do dia e submetidas a três tratamentos de ventilação. O estudo das variáveis de termorregulação animal teve como objetivo analisar os valores destas no sistema de instalação medidas nos animais submetidos a três tratamentos, em três horários do dia por vários meses consecutivos. Todas as variáveis ambientais e de termorregulação são quantitativas contínuas e podem, portanto, ser descritas pelo seguinte modelo linear de efeito misto:

$$y_{ijkl} = \mu\theta_j + v_{k[l]} + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

- y_{ijkl} é a observação da variável ambiental ou de termorregulação y medida no k -ésimo ponto ou animal no l -ésimo mês, submetido ao j -ésimo programa na i -ésima hora do dia;

- μ é o efeito fixo de “hora” representado por um polinômio de segundo grau:

$$\alpha + \beta x_{ik} + \gamma x_{ik}^2;$$

- x_{ik} se refere à i -ésima hora do dia em que foi medida certa variável ambiental ou de termorregulação no ponto ou animal k ;

- θ_j é a covariável que representa o j -ésimo programa ao qual o ambiente ou animal estava submetido no momento da medição;

- $v_{k[l]}$ é o efeito aleatório do k -ésimo ponto ou animal dentro do l -ésimo mês de medição e foi considerado como tendo distribuição normal com média zero e desvio padrão $\frac{1}{\tau_u}$;

- ϵ_{ijkl} é o resíduo que segue uma distribuição Normal, a qual tem variância σ^2 .

Uma vez que os mesmos pontos de coleta ou animais foram submetidos a todos os j tratamentos, nos l meses sucessivos, o efeito aleatório aninhado $v_{k[l]}$ teve que ser incluído no modelo.

Foi utilizada uma abordagem Bayesiana de inferência. Três distribuições normais independentes com média 0 e desvio padrão 100 foram usadas como prioris para os três parâmetros de efeitos fixos: α , β , γ e θ . O parâmetro de precisão τ_u foi definido como tendo distribuição Meia-Cauchy (0,2). O desvio padrão σ foi considerado como tendo uma distribuição à priori Gama (0,0001; 0,0001).

O ajuste do modelo e a interpretação dos resultados segue a mesma lógica

da análise das variáveis comportamentais.

4.5.3. Escore de higiene, claudicação e cocho

Como o objetivo da análise de higiene, claudicação e cocho foi atribuir scores para os animais submetidos à diferentes tratamentos, tem-se uma variável qualitativa ordinal, que requer uma abordagem específica através de modelos denominados de Modelos de log probabilidades acumuladas.

Considere Y_{ijklc} uma variável resposta ordinal do k-ésimo animal (ou cocho) no l-ésimo mês, submetido ao j-ésimo programa na i-ésima hora do dia com C categorias ordinais, tal que $C = 1, 2, \dots, c$. Então a probabilidade acumulada até a resposta ordinal c é $P_{ijklc} = \Pr(Y_{ijkl} \leq c)$. Desta forma, o modelo de probabilidades log-acumuladas de intercepto aleatório para resposta ordinal é escrito como:

$$\log \left(\frac{\Pr(Y_{ijkl} \leq c | X)}{\Pr(Y_{ijkl} > c | X)} \right) = \alpha_c + \theta x_j + v_{k[l]} + \epsilon_{ijkl}$$

- Y_{ijkl} mede a chance de Y_{ijklc} estar na categoria menor ou igual a C em comparação a estar na categoria maior que C ;
- α_c refere-se ao logit acumulado de cada categoria c com seu próprio intercepto e não tem interpretação útil neste trabalho.
- x_j é a covariável que representa o j-ésimo programa ao qual o animal/cocho k estava submetido no momento da medição;
- θ é o principal parâmetro desta análise. Este é dado em termos do logaritmo da razão de chances de dois tratamentos (programas).
- $v_{k[l]}$ é o efeito aleatório da i-ésima hora dentro do l-ésimo mês de medição e foi considerado como tendo distribuição normal com média zero e desvio padrão $\frac{1}{\tau_u}$;
- ϵ_{ijkl} é o resíduo que segue uma distribuição logística, a qual tem variância fixa $\frac{\pi^2}{3}$.

Uma vez que todos os animais e cochos foram medidos em todas as i horas, nos l meses sucessivos, o efeito aleatório aninhado $v_{k[l]}$ teve que ser incluído no modelo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. AMBIENTE

Para o ambiente externo foram coletados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e ITU durante o período experimental, que podem ser observadas no Tabela 3 e 4.

Tabela 3 – Temperatura (Temp.) e umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (VV) externas durante o período experimental.

Horário	Temp. (° C)			UR (%)			VV (m s ⁻¹)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
07:35	21,14	21,52	21,79	85,19	83,72	85,92	2,38	1,79	3,48
11:35	27,01	27,59	26,78	71,53	68,13	73,92	3,97	3,69	4,19
16:05	28,63	29,86	26,18	65,63	58,99	71,51	3,25	2,53	3,14
18:35	26,39	28,26	25,44	71,61	64,36	75,95	1,62	1,32	1,03
Média	25,79	26,80	25,04	73,49	68,80	76,82	2,80	2,33	2,96

T1: tratamento 1 = 19 °C; T2: tratamento 2 = 22 °C; T3: tratamento 3 = 25 °C.

As temperaturas médias do ar externas para os tratamentos 1 (T1), 2 (T2) e 3 (T3) foram de 25,79 °C, 26,80 °C e 25,04 °C, respectivamente. Para a umidade relativa do ar, os dados foram de 73,49%, 68,80% e 76,82% para T1, T2 e T3, respectivamente. Em relação a velocidade do vento média para T1, T2 e T3, os valores encontrados foram de 2,80 m s⁻¹, 2,33 m s⁻¹ e 2,96 m s⁻¹, respectivamente.

Na Tabela 4, pode-se observar os valores de ponto de orvalho que foram utilizados para o cálculo de índice de temperatura e umidade (ITU). O ITU médio externo foi de 74,68, 75,58 e 73,91 para T1, T2 e T3, respectivamente.

Tabela 4 – Ponto de orvalho e índice de temperatura e umidade (ITU) externas durante o período experimental.

Horário	Ponto de orvalho			ITU		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
07:35	18,56	18,62	19,32	69,32	69,72	70,25
11:35	21,42	20,80	21,58	76,22	76,58	76,05
16:05	21,39	20,85	20,18	77,83	78,87	74,94
18:35	20,66	20,56	20,73	75,33	77,16	74,40
Média	20,51	20,21	20,45	74,68	75,58	73,91

T1: tratamento 1 = 19 °C; T2: tratamento 2 = 22 °C; T3: tratamento 3 = 25 °C.

Em relação à velocidade do vento interna, houve efeito quadrático de hora para os tratamentos 1 e 2. Para o tratamento 3 não houve efeito quadrático ou linear de hora ao longo do período avaliado (Tabela 5).

Tabela 5 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de velocidade do vento ($m\ s^{-1}$) nos diferentes tratamentos de ventilação em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	2,46857 \pm 0,67802	1,12783	3,77915	*
α (tratamento 2)	-0,55715 \pm 1,58978	-3,75754	2,46894	NS
α (tratamento 3)	2,30840 \pm 1,58490	-0,77663	5,37217	NS
β (tratamento 1)	1,20813 \pm 0,58767	0,05895	2,34163	*
β (tratamento 2)	3,10200 \pm 1,42016	0,36192	5,90655	*
β (tratamento 3)	1,76806 \pm 1,41285	-1,00209	4,50516	NS
γ (tratamento 1)	-0,25965 \pm 0,11562	-0,48336	-0,03286	*
γ (tratamento 2)	-0,54209 \pm 0,27944	-1,09250	-0,00143	*
γ (tratamento 3)	-0,48087 \pm 0,27797	-1,02395	0,06740	NS

NS= não significativo.

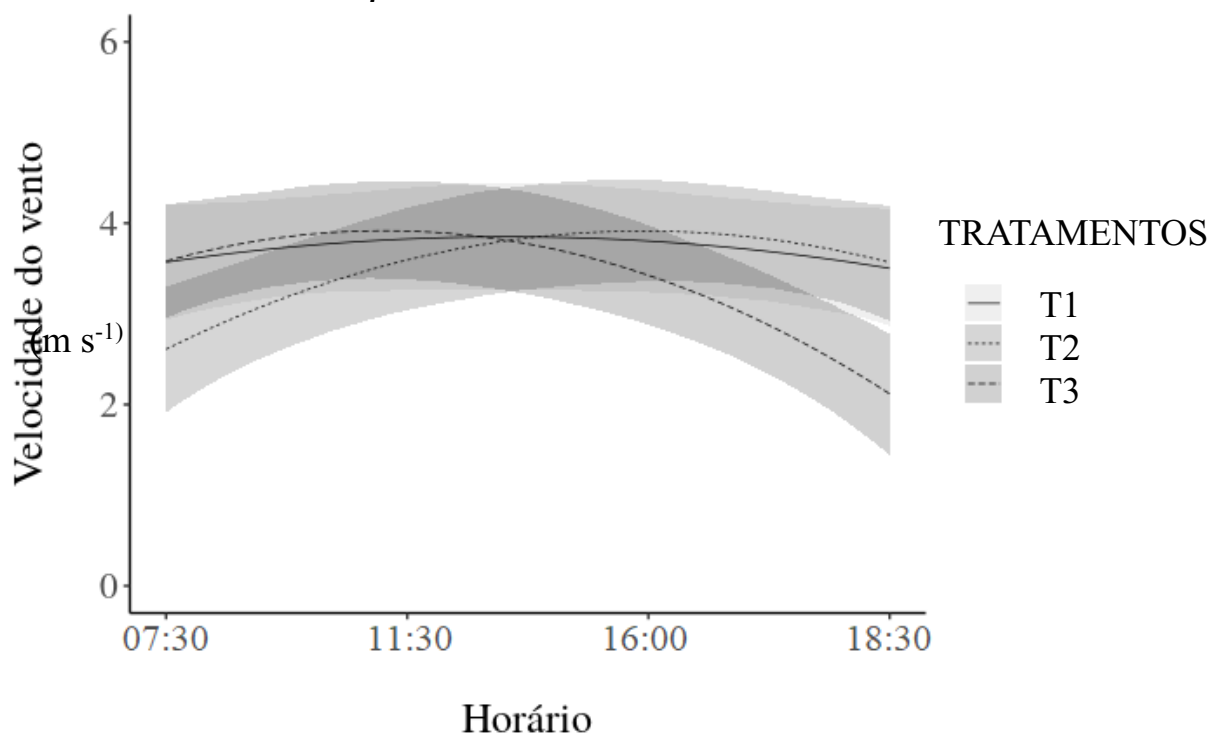
***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

No entanto, não houve diferença entre os tratamentos nos horários 07:30 h, 11:30 h e 16:00 h, mas os valores se igualam próximo às 14:00 h, horário de maior temperatura do ar durante o dia em que todos os programas de ventilação estavam acionados. A partir do horário das 17:00 h, houve efeito para o tratamento 3 em relação aos demais tratamentos. Isso se deve a diminuição da temperatura do ar (menor que 25 °C) nesse mesmo horário, acarretando no desligamento dos ventiladores e, consequentemente, na diminuição da velocidade do vento (Figura 15).

Figura 15 – Variação da velocidade do vento (m s^{-1}) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

O tratamento 1 manteve a velocidade do vento de forma linear, em torno de $3,5 \text{ m s}^{-1}$ em comparação ao tratamento 2 e 3, no qual a velocidade do vento variou de $2,5 \text{ m s}^{-1}$ a $3,5 \text{ m s}^{-1}$, iniciando com valores menores para o tratamento 2 e maiores para o tratamento 3.

Em estudo semelhante realizado por Soares (2019), os valores encontrados para velocidade do vento em *compost barn* variaram de $0,2$ a $2,5 \text{ m s}^{-1}$, valores abaixo dos encontrados na presente pesquisa. Efeitos estressantes causados por temperatura e umidade elevadas podem ser observados em condições onde a velocidade do vento é inferior a $1,5 \text{ m s}^{-1}$ (GAUGHAN et al., 2008).

De acordo com Radavelli (2018), para atender as exigências dos animais e resfriar a superfície da cama, os sistemas de ventilação são dimensionados para fornecer velocidade do vento em torno de 3 m s^{-1} . A velocidade do vento não é constante no ambiente externo, porém, essa variável pode ser manipulada dentro de sistemas confinados para melhor atender as condições de conforto térmico para os animais. Segundo Damasceno (2020), velocidades do vento encontradas no intervalo de $2,5$ e $3,5 \text{ m s}^{-1}$ são ideais para vacas holandesas em confinamento, o que condiz com os resultados pela presente pesquisa.

A velocidade do vento também influencia a porcentagem de umidade da cama. Black et al. (2013) constataram que velocidade próxima a 2 m s⁻¹ a 5 cm da superfície da cama, em sistemas com ventilação artificial, concedem maior taxa de secagem da cama. No presente estudo, a velocidade do vento foi avaliada a 1,5 m da cama, no entanto, como os valores obtidos (2,5 e 3,5 m s⁻¹) estão superiores aos valores mencionados pelos autores, sugere-se que a baixa umidade da cama foi influenciada pela velocidade do vento.

À medida que a velocidade do vento aumenta, diminui-se a sensação térmica de calor, principalmente quando há umidade do ar elevada (BERMAN, 2005). Essa variação de sensação térmica estimula os animais a posicionarem-se no galpão conforme a maior circulação de ar, o que acarreta alterações na temperatura e umidade da cama nesses locais, devido a maior concentração de fezes e urina (RAQUEL, 2015).

Para os dados de umidade da cama, não houve diferença entre os horários (Tabela 6) e tratamento (Figura 16), apresentando valores de umidade média da cama de 0,105 m³ m⁻³ (10,5% de água).

Tabela 6 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média ± erro padrão e intervalos de credibilidade) de umidade interna da cama (m³ m⁻³) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média ± Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	0,083779891±0,015480133	0,053176385	0,1142515437	*
α (tratamento 2)	0,114072080±0,037231978	0,04050702	0,18759293	*
α (tratamento 3)	0,1134369554±0,037366241	0,03975643	0,18648013	*
β (tratamento 1)	0,020903839±0,013901271	-0,006635585	0,0480109431	NS
β (tratamento 2)	-0,016325570±0,033791175	-0,08321462	0,05023417	NS
β (tratamento 3)	-0,0022604509±0,033895822	-0,06863878	0,06470261	NS
γ (tratamento 1)	-0,004518652±0,002741558	-0,009871404	0,0009129573	NS
γ (tratamento 2)	0,002803391±0,006665318	-0,01038832	0,01606829	NS
γ (tratamento 3)	-0,0006594318±0,006675023	-0,01386114	0,01228684	NS

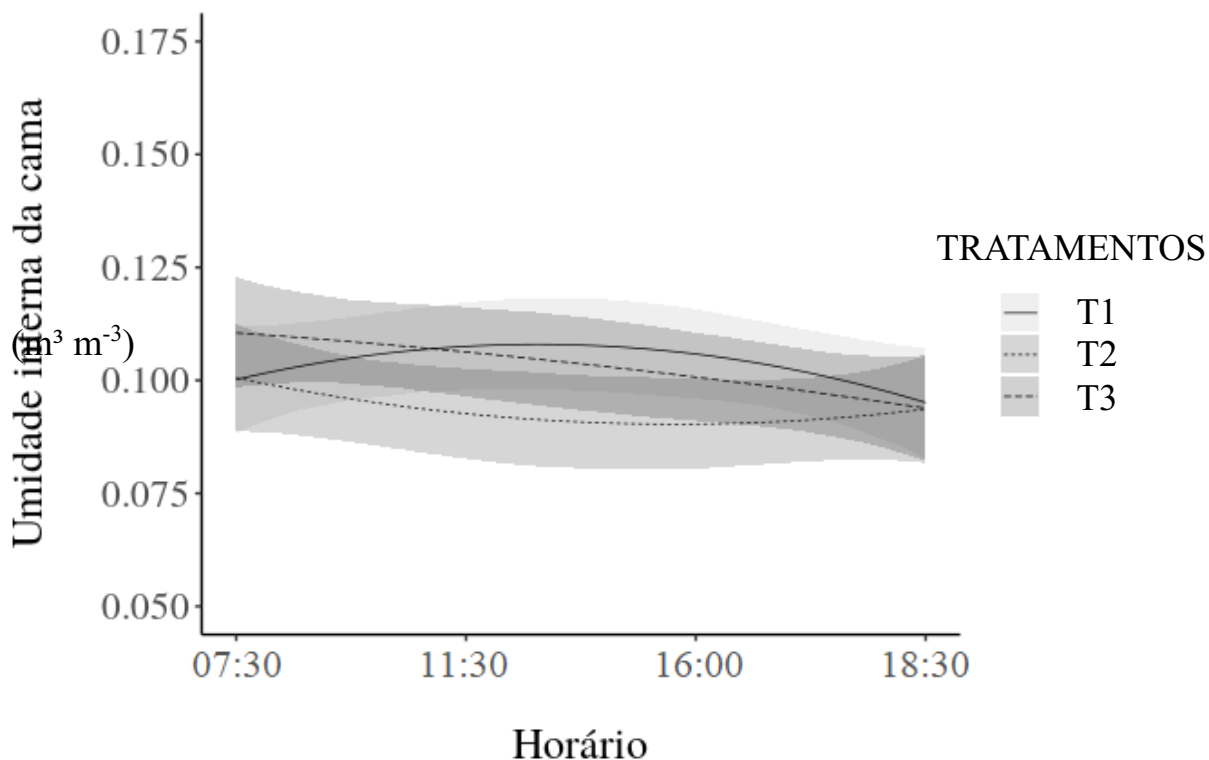
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas (P<0,05).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 16- Variação da umidade interna da cama ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) ao longo das horas do dia, nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

Para que a compostagem ocorra de forma adequada, recomenda-se que a temperatura da cama deva estar entre 43 °C e 65 °C a uma profundidade de 15 a 31 cm e a umidade entre 40 e 60% (JANNI et al., 2007; BEWLEY et al., 2013). Soares (2019) encontrou valores de temperatura e umidade da cama de 20,7 a 49,8 °C e 0,003 (0,3%) a 0,522 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (52%), respectivamente.

A porcentagem de umidade da cama varia conforme a localização do galpão, estação do ano e clima da região. No presente estudo, apesar do valor de umidade apresentar-se baixo, o aspecto visual da cama estava satisfatório, devido a temperatura interna que se manteve adequada dentro da faixa de temperatura indicada para uma boa compostagem.

Os dados de temperatura interna da cama demonstram que não houve diferença entre os horários (Tabela 7) e os tratamentos (Figura 17), no entanto os valores médios obtidos permaneceram entre 47,5 °C e 49,5 °C para todos os tratamentos.

Tabela 7 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura interna da cama ($^{\circ}\text{C}$) a 20 cm de profundidade nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	46,95775423 \pm 1,1524889	44,7718831	49,2532726	*
α (tratamento 2)	48,78095377 \pm 2,1955572	44,5741292	53,1273228	*
α (tratamento 3)	49,21892562 \pm 2,2048785	44,9327069	53,5678803	*
β (tratamento 1)	0,6330759 \pm 0,6704273	-0,6712854	1,9548157	NS
β (tratamento 2)	-0,26750959 \pm 1,6239507	-3,4714407	2,8417277	NS
β (tratamento 3)	-0,67122540 \pm 1,6275848	-3,8366103	2,5723031	NS
γ (tratamento 1)	-0,09356202 \pm 0,1323172	-0,3539314	0,1693806	NS
γ (tratamento 2)	0,02802703 \pm 0,3199769	-0,5869808	0,6615317	NS
γ (tratamento 3)	0,07126971 \pm 0,3204731	-0,5624142	0,6987853	NS

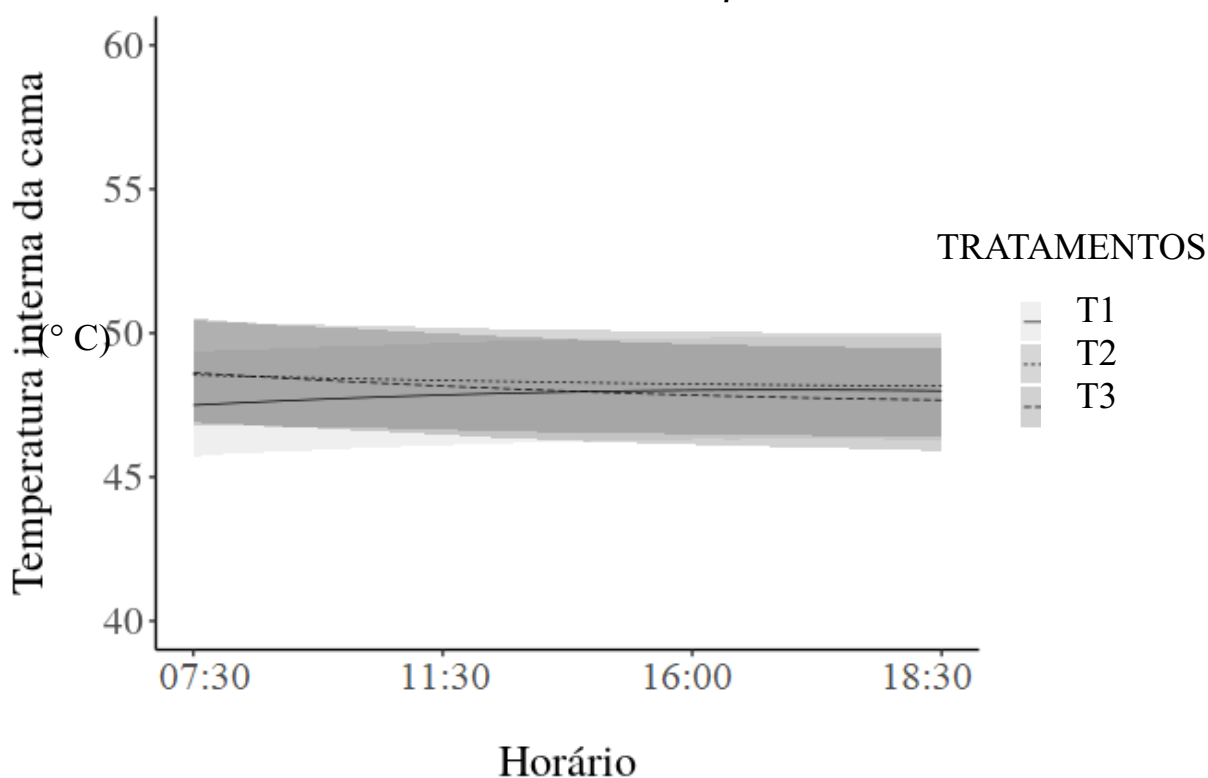
NS= não significativo.

*Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 $^{\circ}\text{C}$; tratamento 2 = 22 $^{\circ}\text{C}$; tratamento 3 = 25 $^{\circ}\text{C}$.

Figura 17 – Variação da temperatura interna da cama ($^{\circ}\text{C}$) a 20 cm de profundidade ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1=19 $^{\circ}\text{C}$; T2=22 $^{\circ}\text{C}$; T3=25 $^{\circ}\text{C}$.

Conforme Brito (2016), a inativação de patógenos acontece quando a temperatura interna da cama permanece entre 55 $^{\circ}\text{C}$ e 65 $^{\circ}\text{C}$, mas a compostagem é eficiente para a redução do teor de umidade quando a temperatura atinge faixa de

45 °C a 55 °C, valores próximos ao encontrado na presente pesquisa (entre 47,5 °C e 49,5 °C). No entanto, a maior parte das pesquisas não atingem esta faixa de temperatura. Pilatti (2017) avaliou a temperatura da cama em três faixas de horário, a uma profundidade de 15 cm, e obteve temperatura média de 36,3 °C, que indica uma atividade microbiana mínima e compostagem lenta.

Barberg, Endres e Janni (2007) ressaltam que essa variação de temperatura se deve ao material da cama e a profundidade da avaliação. Em pesquisa com profundidades de 15 e 30 cm, os autores obtiveram valores médios de 42,5 °C, com mínima de 24,4 °C e máxima de 58,9 °C. Na presente pesquisa, o valor obtido foi superior aos demais trabalhos e em profundidade de 20 cm, o qual, segundo Ofner-Schröck et al. (2015), encontra-se adequado, sendo que a temperatura deve estar entre 30 °C e 45 °C para que ocorra compostagem satisfatória.

Já a temperatura superficial da cama possui relação direta com as variáveis ambientais, nessa pesquisa a temperatura superficial apresentou efeito de hora (Tabela 8) e tratamento (Figura 18).

Tabela 8 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura superficial da cama (°C) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	13,503371 \pm 0,7276330	12,089070	14,932883	*
α (tratamento 2)	17,1192055 \pm 1,7540746	13,683258	20,5269297	*
α (tratamento 3)	17,1530948 \pm 1,7398231	13,766175	20,5056229	*
β (tratamento 1)	7,844300 \pm 0,6536102	6,560107	9,133559	*
β (tratamento 2)	5,3351939 \pm 1,5832108	2,237113	8,4951810	*
β (tratamento 3)	4,8250265 \pm 1,5714645	1,757420	7,9015783	*
γ (tratamento 1)	-1,305871 \pm 0,1281813	-1,557700	-1,053269	*
γ (tratamento 2)	-0,8316275 \pm 0,3110615	-1,452042	-0,2224293	*
γ (tratamento 3)	-0,8027317 \pm 0,3084216	-1,406137	-0,1982754	*

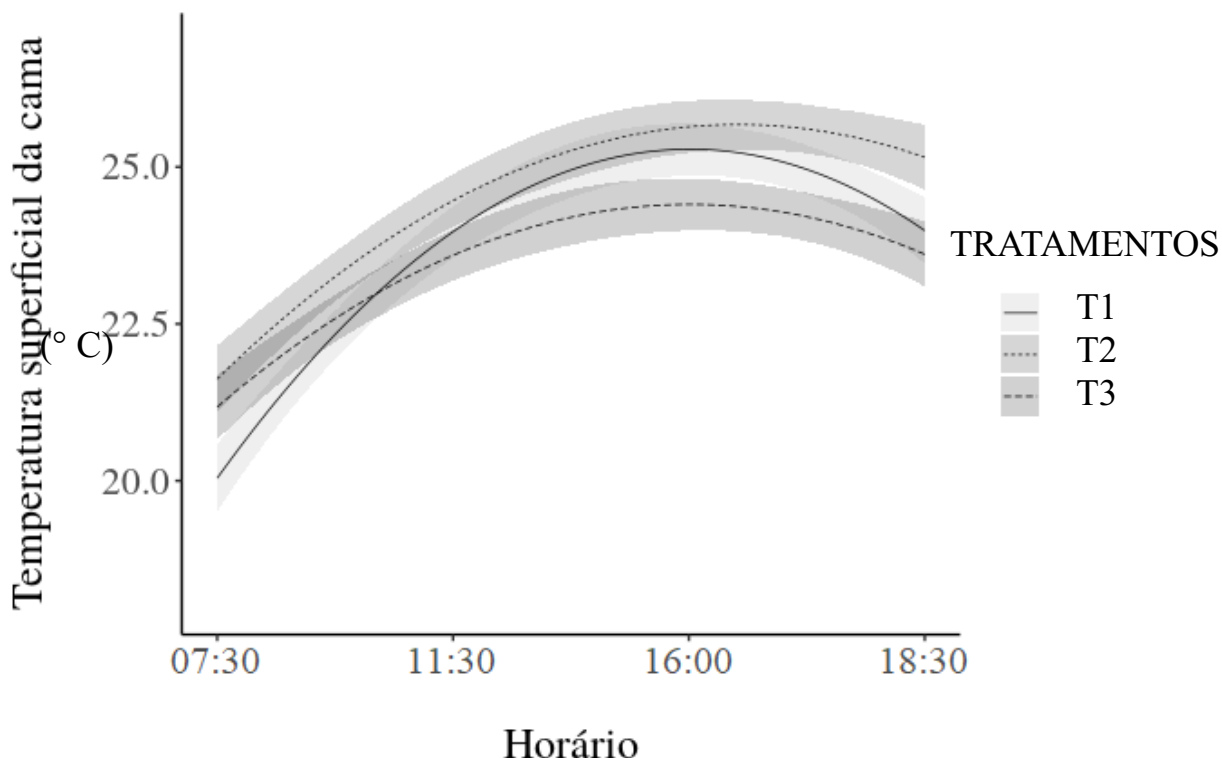
NS= não significativo.

*Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 18 – Variação da temperatura superficial da cama (°C) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

Para o tratamento 1 houve maior variação de temperatura em relação aos demais tratamentos e entre as faixas de horários, atingindo 20 °C no horário das 07:30 h, com pico de 25 °C às 16:00 h e redução de 23,5 °C às 18:30 h. O tratamento 2 também apresentou pico de temperatura de 25 °C às 16:00 h, mantendo-se assim até as 18:30 h. Já o tratamento 3 foi o que apresentou menor oscilação de temperatura, com menor pico a partir das 14:00 h (23,5 °C) reduzindo a temperatura as 18:30 h (22,5 °C).

Pilatti (2017) verificou que os valores médios da temperatura superficial da cama acompanhavam a elevação da temperatura do ar diária, o que também pode ser visualizado nesse experimento (Figura 20). No entanto, em estudo realizado por Pereira (2017), destaca-se a influência do revolvimento da cama na temperatura superficial da mesma. A autora, no verão, obteve valores de 23 °C no período da manhã (antes do revolvimento) e 25 °C (após o revolvimento), em temperatura ambiental interna de 19 °C; e a tarde, obteve valores de 24 °C (antes do revolvimento) e de 25 °C (após o revolvimento), com temperatura ambiental de 24 °C. Na presente pesquisa, o revolvimento da cama acontecia aproximadamente às 08:00 h da manhã,

ou seja, após a avaliação das 07:30 h e após às 18:30 h.

A temperatura superficial da cama também pode exercer influência no comportamento de deitar dos animais, para tanto, destaca-se que para o tratamento 3 foram encontrados valores de temperaturas mais baixas da cama em relação aos demais tratamentos, principalmente ao 2, proporcionando um ambiente mais confortável aos animais.

Em relação a umidade relativa do ar, houve efeito quadrático de hora em cada um dos tratamentos (Tabela 9) e diferença entre os tratamentos 2 e 3 (Figura 19). Todos os tratamentos apresentaram valores mais elevados no horário de 07:30 h, porém no horário de 16:00 h todos os tratamentos apresentaram redução, seguindo assim até as 18:30 h (tratamento 1: 65%; tratamento 2: 60% e tratamento 3: 75%).

Tabela 9 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de umidade relativa do ar (%) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	108,920493 \pm 3,9219374	101,335219	116,61784	*
α (tratamento 2)	107,771958 \pm 8,892433	90,726580	125,405769	*
α (tratamento 3)	105,55410 \pm 8,885522	88,2278276	122,897889	*
β (tratamento 1)	-29,743269 \pm 3,2150913	-35,910207	-23,22573	*
β (tratamento 2)	-30,505661 \pm 7,735275	-45,712343	-15,324266	*
β (tratamento 3)	-22,91215 \pm 7,759319	-38,0205891	-7,468039	*
γ (tratamento 1)	4,921629 \pm 0,6327802	3,637503	6,14198	*
γ (tratamento 2)	4,711126 \pm 1,521452	1,729071	7,704076	*
γ (tratamento 3)	3,81362 \pm 1,529057	0,7602579	6,818188	*

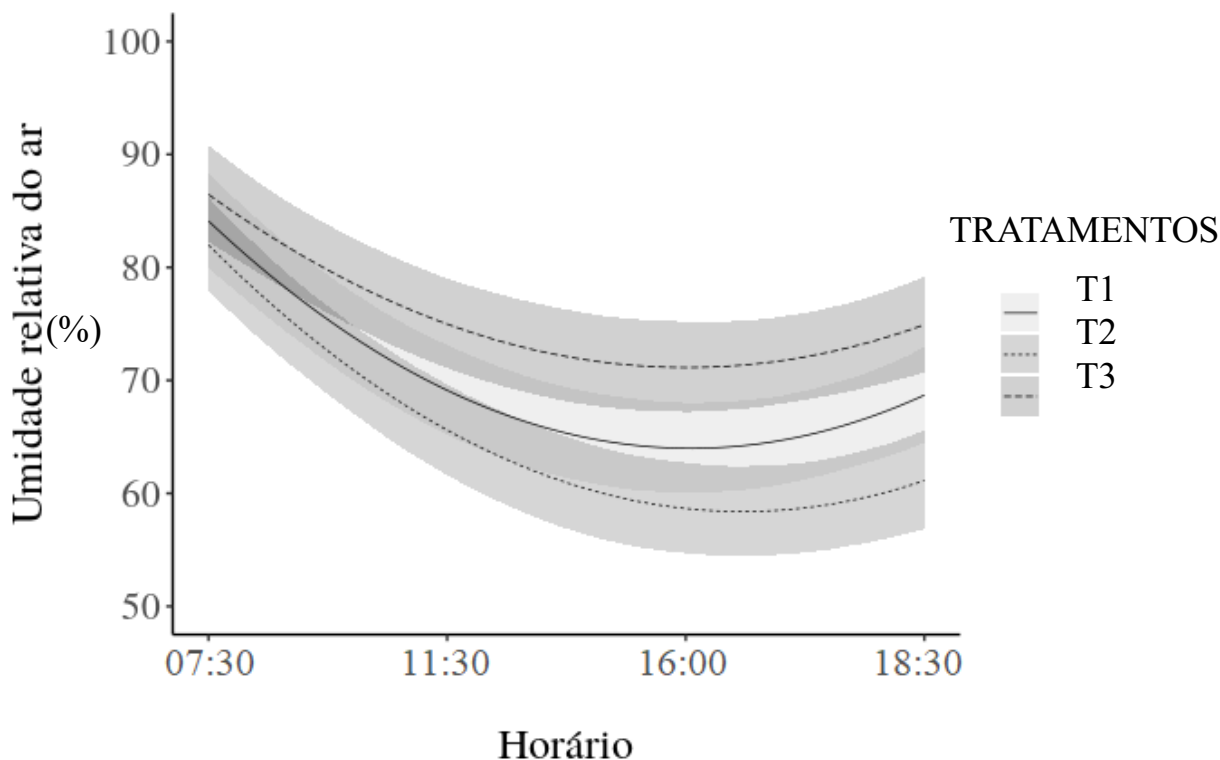
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 19 – Variação da umidade relativa do ar (%) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

No que diz respeito aos tratamentos, pode-se verificar que o tratamento 3 obteve maior índice de umidade relativa do ar ao longo do dia em relação ao tratamento 2, principalmente a partir das 10:00 h. No entanto, manteve-se dentro da zona de termoneutralidade para vacas de leite, entre 60 e 80% (PARK; LINDBERG, 2006), já o tratamento 2, no horário mais quente do dia, às 12:00 h, apresentou valores abaixo de 60%.

A umidade relativa do ar entre 75 e 78% é considerada uma situação estressante aos animais e superior a 78%, o desconforto é inevitável (KADZERE et al., 2002). Em estudo realizado por Oliveira et al. (2019) foram obtidos os valores médios de umidade relativa do ar de 43% a 53% com diferentes tipos de sistema de ventilação, evidenciando assim as influências destes na umidade relativa do ar no sistema *compost barn*.

A dificuldade de troca de calor dos animais ocorre em temperaturas mais elevadas, principalmente associada a elevação da umidade relativa. Campos et al. (2008) ressaltaram em pesquisa que a perda de calor latente foi a principal forma de

eliminação de energia térmica sob altas temperaturas do ar ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), mas, a evaporação cutânea foi o principal mecanismo de perda de calor, respondendo por cerca de 85% da perda total. Contudo, quanto maior a umidade do ar, menor potencial de troca de calor evaporativo, portanto, considerar somente a umidade como parâmetro único de estresse dificulta a obtenção de índices mais precisos de conforto térmico.

Quanto a temperatura do ar interna, houve efeito quadrático ou linear de hora (Tabela 10) e efeito para todos os tratamentos (Figura 20). É possível visualizar que a temperatura do ar se eleva ao longo do dia para todos os tratamentos principalmente, das 11:30 h às 17:00 h, e decai após essa faixa de horário.

Tabela 10 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura do ar interna ($^{\circ}\text{C}$) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	10,939004 \pm 1,0977837	8,845057	13,135141	*
α (tratamento 2)	11,999162 \pm 2,645718	6,859486	17,1845986	*
α (tratamento 3)	13,780821 \pm 2,6385565	8,636294	18,9862517	*
β (tratamento 1)	11,717424 \pm 0,9945443	9,738449	13,672037	*
β (tratamento 2)	11,121633 \pm 2,399141	6,357501	15,8244328	*
β (tratamento 3)	9,257346 \pm 2,3986119	4,556886	14,0220978	*
γ (tratamento 1)	-1,981451 \pm 0,1958331	-2,365937	-1,593112	*
γ (tratamento 2)	-1,778321 \pm 0,471505	-2,697503	-0,8449058	*
γ (tratamento 3)	-1,662167 \pm 0,4719462	-2,595711	-0,7321273	*

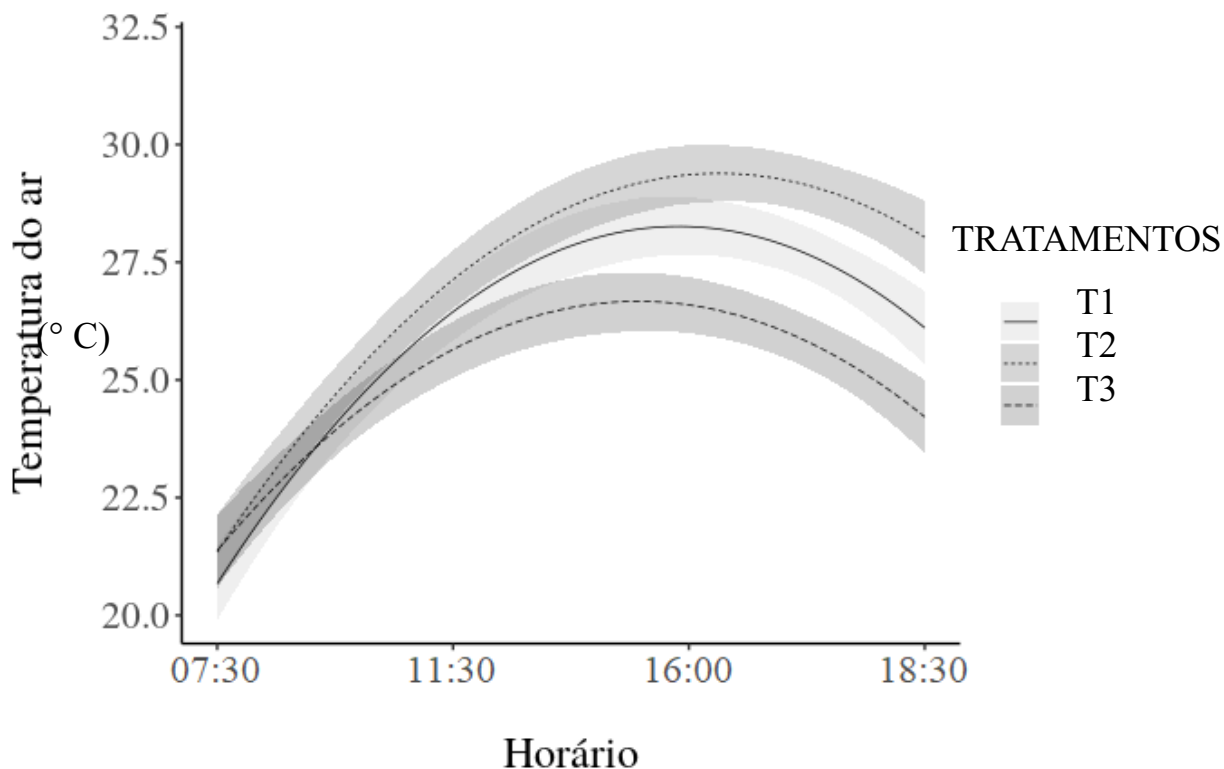
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = $19\text{ }^{\circ}\text{C}$; tratamento 2 = $22\text{ }^{\circ}\text{C}$; tratamento 3 = $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 20 – Variação da temperatura do ar interna (°C) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

O tratamento 2 foi o que apresentou os maiores valores nos horários entre 11:30 h e 18:30 h, com pico máximo de 29,5 °C às 16:00 h. O tratamento 1 manteve-se semelhante, com pico às 15:00 h de 28 °C. E o tratamento 3 foi o que manteve temperatura do ar inferior em todos os horários, com mínima de 21,2 °C e máxima de 26,2 °C.

Perissinoto e Moura (2007) referenciaram que valores de umidade relativa do ar entre 60 e 70% e temperatura do ar entre 22 °C e 24 °C indicam conforto muito bom, enquanto temperatura do ar entre 25 °C e 28 °C e umidade relativa do ar entre 60 e 70% indicam bom conforto térmico. Isso se deve ao fato que quando a temperatura do ar passa da zona crítica superior, a principal forma de troca de calor se dá através de evaporação e a umidade elevada associada a altas temperaturas dificulta esse processo de troca.

Deste modo, o tratamento 3 foi o que apresentou valores de umidade relativa do ar entre 60 e 70% e temperatura do ar média de 26 °C nos horários mais quentes do dia, caracterizando assim, um bom conforto térmico. No entanto, há bastante variação em relação a temperatura ambiental; alguns autores afirmaram que o

estresse ocorre em temperaturas acima de 19 °C (BERMAN et al., 1985), 21 °C (GAUGHAN et al., 2008), 22 °C (WEST, 2003), 23,9 °C (COLLIER et al., 2012; ECKELKAMP, 2016a), 26 °C (PERRISSINOTO et al., 2006) e até 28,4 °C (DIKMEN; HANSEN, 2009). Portanto, não se deve considerar como parâmetro único de avaliação, sendo mais eficiente a avaliação do ITU.

Em relação ao ambiente térmico do *compost barn* é possível visualizar que para os dados de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) houve efeito quadrático ou linear de hora (Tabela 11) e efeito de tratamento (Figura 21). Os dados de ITU seguem o mesmo padrão de temperatura do ar, com valores menores nos primeiros horários do dia, pico ao 12:00 h e decrescendo a partir das 16:00 h para todos os tratamentos.

Tabela 11 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) do índice de temperatura e umidade (ITU) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	57,40466 \pm 1,2208348	55,004273	59,786713	*
α (tratamento 2)	58,664029 \pm 2,9377361	52,845766	64,4395312	*
α (tratamento 3)	13,780821 \pm 2,6385565	8,636294	18,9862517	*
β (tratamento 1)	13,30239 \pm 1,1172877	11,098746	15,519047	*
β (tratamento 2)	12,448675 \pm 2,6809433	7,110555	17,7427549	*
β (tratamento 3)	9,257346 \pm 2,3986119	4,556886	14,0220978	*
γ (tratamento 1)	-2,25640 \pm 0,2198281	-2,688483	-1,829528	*
γ (tratamento 2)	-2,001311 \pm 0,5274485	-3,049531	-0,9483239	*
γ (tratamento 3)	-1,662167 \pm 0,4719462	-2,595711	-0,7321273	*

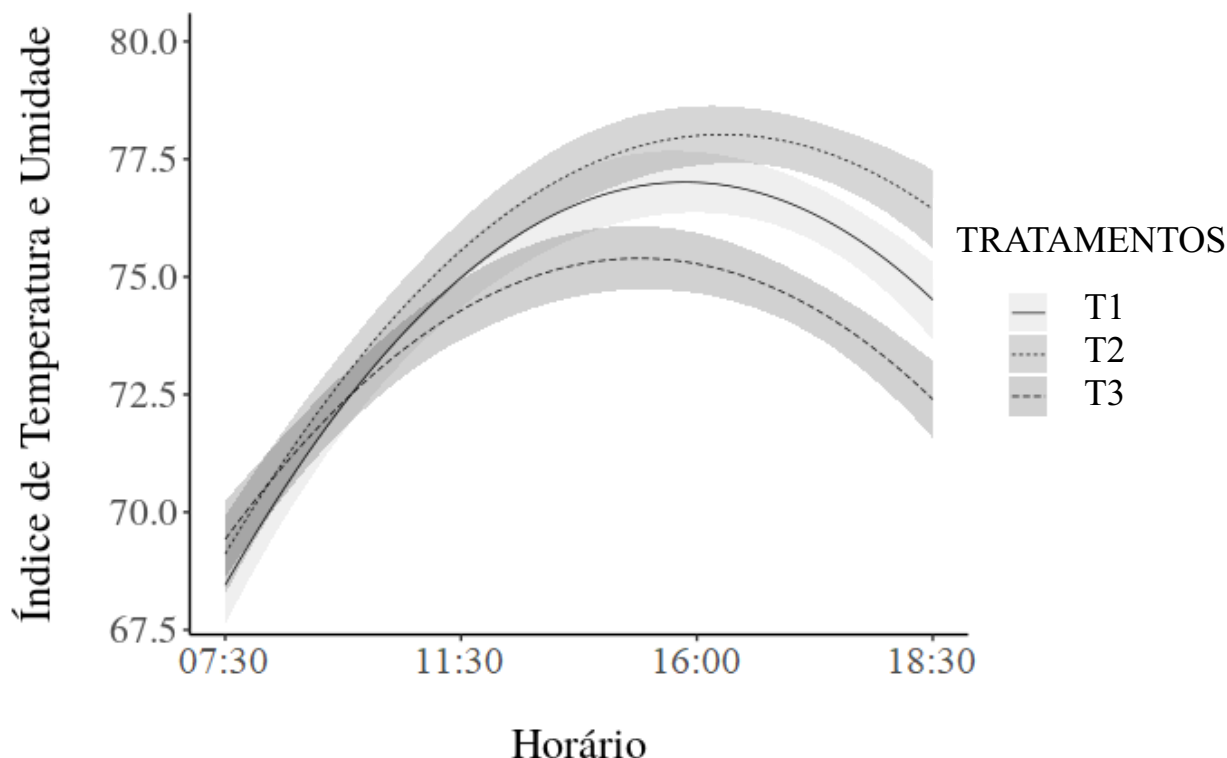
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas (P<0,05).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 21 – Variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

O tratamento 1 apresentou valores de ITU de 68,5 às 07:30 h; 74,5 às 11:30; 77 às 16:00 e 75 às 18:30. Para o tratamento 2 foram encontrados valores de 69 às 07:30, 75 às 11:30, 78 às 16:00 e 76,5 às 18:30; já para o tratamento 3, índices de 69 às 07:30, 73,5 às 11:30, de 75 às 16:00 e 72,5 às 18:30. O tratamento 3 apresentou os menores valores de ITU nos horários mais quentes do dia, com mínima de 69 e máxima de 75.

Thom (1959) define o ITU de 70 a 74 desconfortável, 75 a 79 muito desconfortável e ITU igual ou superior a 80 como desconforto grave. Já para Armstrong (1994), ambiente térmico com ITU em valores inferiores a 72 é indicativo de ausência de estresse por calor, sendo os valores de 72 a 78 indicativo de estresse brando, 79 a 88 estresse moderado e 89 a 98 estresse severo. No entanto, dados atuais indicam ITU médio de 68 como momento que as vacas começam a sofrer um leve estresse térmico, no entanto, em vacas de alta produção, devido ao calor metabólico, esse valor é mais baixo (DAMASCENO, 2020). Em estudo realizado por Radavelli (2018), o ITU médio encontrado foi 77,5, já para Herbut e Angrecka (2018) o ITU encontrado nos períodos quentes do dia foi de 83. Neste sentido, considerando

a faixa de produção dos animais avaliados no experimento, nenhum dos tratamentos demonstrou um bom índice de conforto. Porém, o tratamento 3 ainda é o que se manteve dentro de uma faixa de ITU inferior, minimizando o estresse em relação aos demais tratamentos.

5.2. TERMORREGULAÇÃO

Em relação a frequência respiratória, houve efeito quadrático de hora somente para o tratamento 1 em relação aos demais (Tabela 12), onde os valores obtidos foram menores em todos os horários.

Tabela 12 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) de frequência respiratória (mov. min.⁻¹) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	63,267690 \pm 4,170954	54,9687984	71,137743	*
α (tratamento 2)	70,309584 \pm 9,674864	51,4994827	89,247252	*
α (tratamento 3)	57,2496376 \pm 9,819087	38,219032	76,391354	*
β (tratamento 1)	-7,882161 \pm 4,494638	-16,3346283	1,207909	NS
β (tratamento 2)	-13,954550 \pm 10,746791	-35,0359064	7,021303	NS
β (tratamento 3)	0,7415436 \pm 10,915307	-20,650859	22,307884	NS
γ (tratamento 1)	2,726222 \pm 1,111891	0,4933491	4,804375	*
γ (tratamento 2)	4,567782 \pm 2,660603	-0,6289858	9,751112	NS
γ (tratamento 3)	0,7754446 \pm 2,700727	-4,561696	6,023914	NS

NS= não significativo.

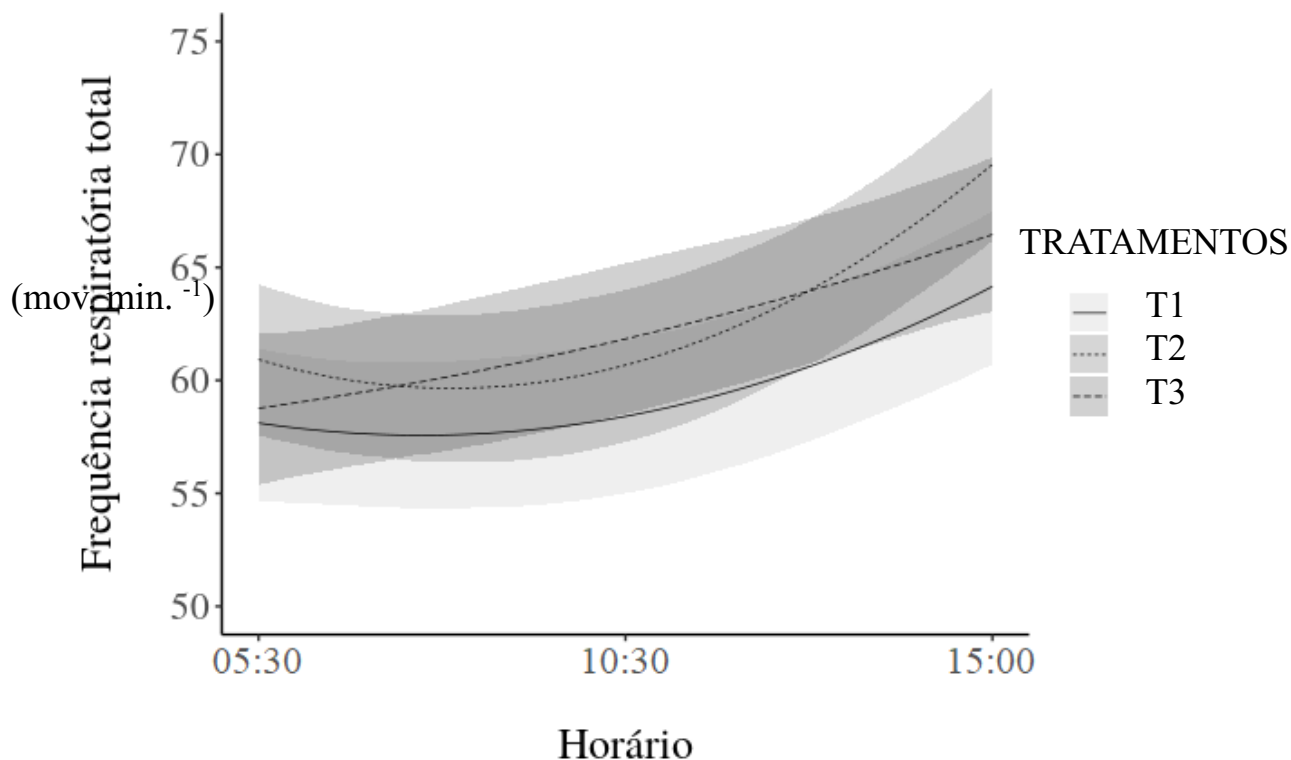
***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas (P<0,05).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Conforme a Figura 22, não houve diferença entre os tratamentos. Todavia, considerando o sistema *compost barn* no conjunto dos tratamentos, é possível observar que após as 10:30 houve elevação da frequência respiratória, ficando entre 56,5 a 62,5 mov. min.⁻¹. Essa elevação da frequência respiratória após às 10:30 h deve-se a elevação concomitante do ITU, sendo que os animais tendem a desenvolver a taquipneia como mecanismo compensatório para a dissipação de calor.

Figura 22 – Variação da Frequência Respiratória Total (mov. min.⁻¹) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

Para reduzir os efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras, é preciso a implantação de técnicas para controlar o microclima de forma mais eficiente (PILATTI; VIEIRA, 2017). Vários métodos têm sido empregados como: ventilação, resfriamento de elementos construtivos como as coberturas, resfriamento do ar e o resfriamento do próprio animal (DAMASCENO, 2020).

Em pesquisa realizada por Pinto et al. (2019), os valores obtidos de frequência respiratória variaram de 60,2 a 73,1 mov. min⁻¹ para vacas em pé. Os autores também observaram que quando as vacas foram submetidas ao sistema de resfriamento oito vezes ao dia a frequência respiratória foi menor (60,2 mov. min⁻¹) do que quando foram resfriadas três vezes ao dia (73,1 mov. min⁻¹), além disso para cada 5 kg de leite produzidos, a frequência respiratória aumentou 1 mov. min⁻¹, sendo 12,3 mov. min⁻¹ maior nas vacas recém paridas.

Para alguns autores, a frequência respiratória em vacas leiteiras em decúbito esternal pode variar de 24 a 59 mov. min⁻¹ (REECE, 2015), para outros, ela é classificada como: conforto alto, para valores abaixo de 56 mov. min⁻¹; conforto médio, entre 56 a 64 mov. min⁻¹ e conforto baixo, para valores acima de 64 mov. min⁻¹

(PERISSINOTTO et al., 2009). Collier et al. (2012) relatam que quando a frequência respiratória está entre 60 a 70 mov. min⁻¹, o animal já encontrar-se na fase aguda do estresse térmico. Entre todos os tratamentos, a frequência respiratória máxima foi de 69 mov. min⁻¹, caracterizando baixo conforto térmico. No entanto, esse parâmetro depende da carga térmica radiante (HERBUT et al., 2019), como os animais encontravam-se na sombra, essa influência seria baixa.

Para a temperatura superficial média, houve efeito linear de hora para o tratamento 1 e 3. Para o tratamento 2, não houve efeito quadrático ou linear de horário (Tabela 13).

Tabela 13 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média ± erro padrão e intervalos de credibilidade) de temperatura superficial média dos animais (°C) nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média ± Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	27,09624090±0,4778496	26,1679670	28,0355906	*
α (tratamento 2)	28,5295395±1,1438839	26,2956503	30,7893871	*
α (tratamento 3)	26,7796115±1,1489556	24,559093	29,05643668	*
β (tratamento 1)	2,39277176±0,5336030	1,3438429	3,4296135	*
β (tratamento 2)	1,5919064±1,2852767	-0,9623171	4,1002244	NS
β (tratamento 3)	3,9916007±1,2959285	1,452373	6,49674805	*
γ (tratamento 1)	0,02635138±0,1321927	-0,2280126	0,2895432	NS
γ (tratamento 2)	0,2081392±0,3176782	-0,4095898	0,8380298	NS
γ (tratamento 3)	-0,6196068±0,3205571	-1,241549	0,01236809	NS

NS= não significativo.

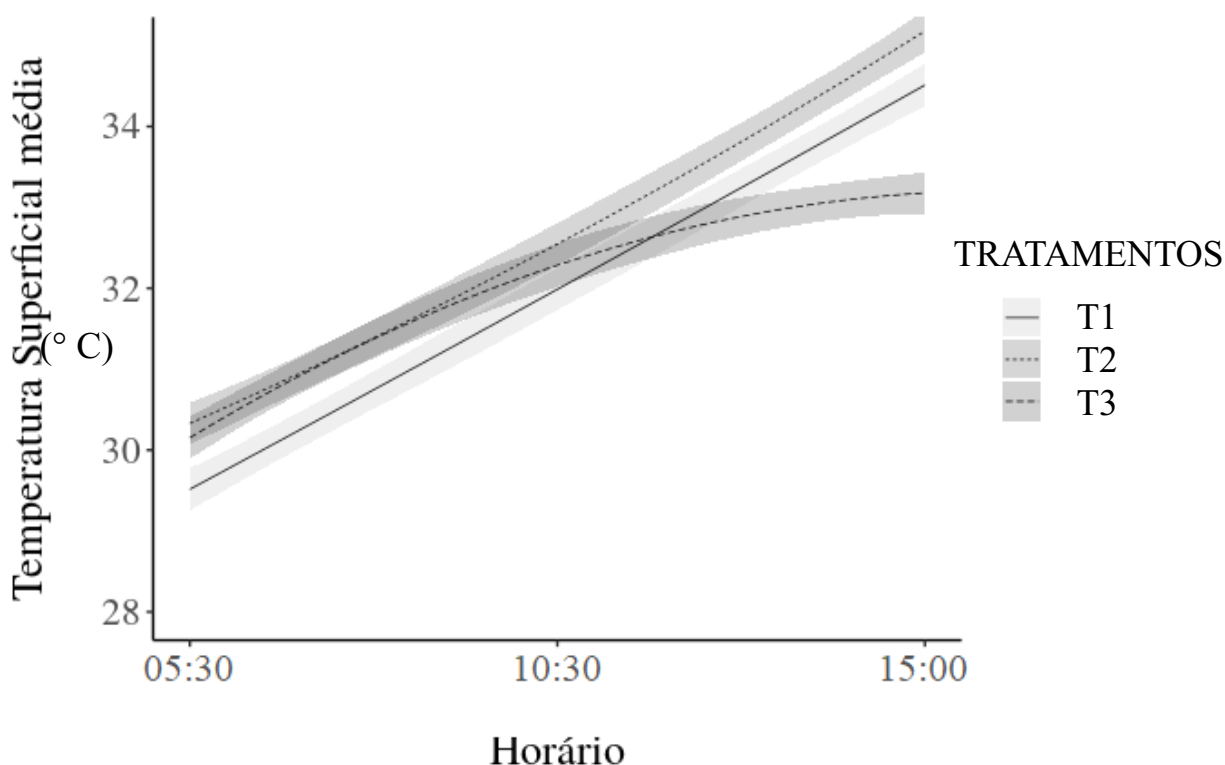
***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas (P<0,05).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Houve diferença entre os tratamentos, com o tratamento 1 menor que o 2 e 3 até as 10 horas. Nos horários mais quentes, o tratamento 3 apresentou os menores valores, seguido do tratamento 1 e o tratamento dois com maior valor médio. O tratamento 1 apresentou às 15:00 valores em torno de 34,5 °C e o tratamento 3 as 15:00 com 33,0 °C, estes sendo os horários de maior pico de temperatura superficial (Figura 23).

Figura 23 – Variação da temperatura superficial média dos animais (°C) ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

A temperatura superficial do animal é influenciada pelo microclima do ambiente e também pelas condições fisiológicas do animal como vascularização e evaporação pelo suor (ALMEIDA et al., 2010). Com a elevação da temperatura ambiental, a perda de calor pela superfície da pele diminui, tendo em vista o menor gradiente entre a temperatura do ambiente e a temperatura da pele do animal (DAMASCENO, 2020). Herbut et al. (2019) complementaram que é essencial remover o excesso de calor corporal para impedir que o animal entre em hipertermia.

Martello et al. (2010) obtiveram resultados em clima tropical, com vacas holandesas em sistema *free stall*, nas quais foram observados valores médios de temperatura superficial e frequência respiratória de 33,7 °C e 54,6 mov. min.⁻¹. Os mesmos autores avaliaram os animais em três faixas de horário (7:00 h, 13:00 h e 18:00 h) durante a estação do verão, sendo que a média da temperatura do ar foi de 25 °C e umidade relativa de 66,7%.

No presente estudo a temperatura superficial variou de 29,5 °C (05:30 h) a 35 °C (15:00 h). Em pesquisa realizada por Radavelli (2018), em que avaliou

temperatura do pelame de 1.118 vacas em *compost barn*, os valores médios foram de 31,41 °C, com mínima de 23,5 °C e máxima de 36 °C. Outros estudos similares encontraram valores de 31,3 °C as 12:00 h (PILATTI, 2017), de 33 °C próximo às 13:00 h (SOARES, 2019) e de 34,7 °C às 13:00 h (MARTELLLO et al., 2004).

Dentre os programas de ventilação, o tratamento 3 foi o que apresentou os menores valores de temperatura superficial dos animais (33 °C), principalmente nos horários mais quentes do dia (a partir das 12:00 h), indicando melhor conforto térmico.

Em estudo avaliando vacas ½ sangue Holandês a pasto, Azevedo et al, (2005) evidenciaram que a frequência respiratória é um indicador de estresse térmico melhor que a temperatura retal, e também que há correlação positiva entre frequência respiratória e a temperatura superficial dos animais. Os autores ainda comentaram que os animais apresentaram estresse térmico com frequência respiratória acima de 60 mov. min⁻¹, estimando assim, valores críticos superiores de ITU de 79, observando aumento de 0,46 °C da temperatura superficial para cada unidade de aumento do ITU.

5.3. COMPORTAMENTO ANIMAL

Os comportamentos de ofegar (O), afugentar (AF), empurrar (E), cabeçada (Ca), lambar (L), monta (M) e coçar (C) demonstraram probabilidade muito baixa de ocorrência, com baixa convergência do modelo e sem efeito de hora e tratamento. Portanto não serão discutidos no presente estudo.

A probabilidade de ócio em pé foi significativa com efeito quadrático de horário apenas para o tratamento 1 (Tabela 14), com probabilidades maiores que 0,6 das 13:30 h as 15:30 h, que é a faixa de maior temperatura ambiental (Figura 24).

Tabela 14 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ócio em pé nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	-4,343808 \pm 0,7673305	-5,862042	-2,8470232	*
α (tratamento 2)	-1,815422 \pm 1,820661	-5,406386	1,7745287	NS
α (tratamento 3)	-2,3093807 \pm 1,8208144	-5,899761	1,2295764	NS
β (tratamento 1)	4,833029 \pm 0,8696657	3,149347	6,5333942	*
β (tratamento 2)	1,983794 \pm 2,068934	-2,080217	6,0219967	NS
β (tratamento 3)	2,7759179 \pm 2,0703352	-1,244036	6,8378486	NS
γ (tratamento 1)	-1,137538 \pm 0,2145247	-1,563649	-0,7192317	*
γ (tratamento 2)	-0,441131 \pm 0,510920	-1,440827	0,5709234	NS
γ (tratamento 3)	-0,7408267 \pm 0,5119237	-1,742747	0,2581983	NS

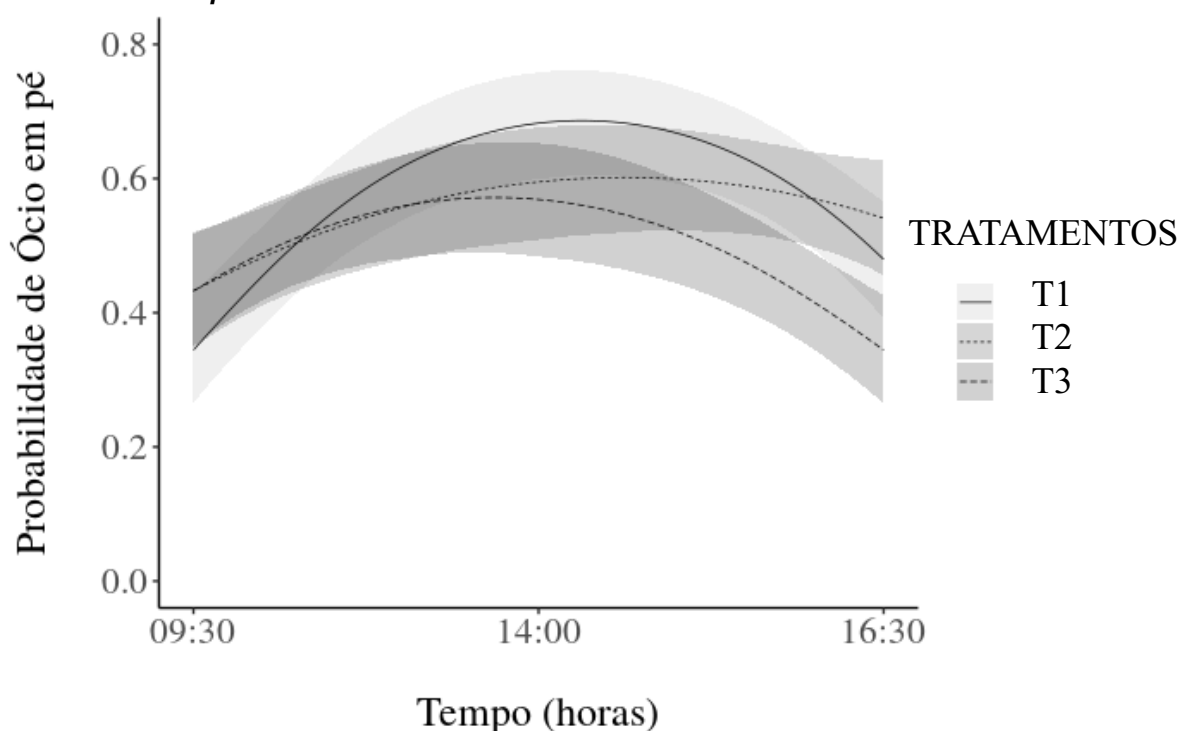
NS= não significativo.

*Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 24 – Probabilidade de ócio em pé ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

Em relação aos efeitos de tratamentos, a probabilidade de ócio em pé não apresentou significância na maior parte do tempo. Porém, o tratamento 3 apresentou menor probabilidade de ócio em pé que os demais tratamentos no horário mais quente da tarde (aproximadamente as 15 horas), o que indica possível conforto térmico dos

animais.

A ambiência pode exercer forte influência sobre o comportamento dos animais, visto que animais em estresse térmico tendem a ficar mais tempo em ócio em pé, para regulação térmica entre o animal e o meio. Herbut et al. (2019) explicam que os animais tendem a ficar mais em pé quando estão em situações de estresse térmico para aumentar a superfície de troca de calor por convecção, além de buscarem superfícies mais frias e água para melhorar o resfriamento corpóreo.

Consonante com os dados anteriores, a probabilidade de ócio deitado foi significativa apenas para o tratamento 1 em relação ao horário (Tabela 15), sendo menor que 0,5 nos mesmos horários (Figura 25). Segundo Cook et al. (2007), vacas leiteiras alteram seu comportamento de ócio deitado de acordo com o ITU. Ou seja, quando o ITU é superior a 68, esse comportamento é reduzido, tendo em vista que o ITU do tratamento 1 foi superior a 75 nos horários mais quentes do dia e notável que o comportamento de ócio deitado é menor nos mesmos horários.

Tabela 15 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ócio deitado nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	4,3465476 \pm 0,8303836	2,750740	5,969430	*
α (tratamento 2)	4,2412437 \pm 1,9926158	0,3792049	8,1211170	*
α (tratamento 3)	2,1290098 \pm 1,951597	-1,6596557	5,940888	NS
β (tratamento 1)	-3,4453372 \pm 0,8842043	-5,177753	-1,711760	*
β (tratamento 2)	-3,4264222 \pm 2,1272829	-7,5633744	0,7252095	NS
β (tratamento 3)	-1,7391889 \pm 2,102631	-5,8692635	2,342867	NS
γ (tratamento 1)	0,6463461 \pm 0,2123853	0,227687	1,059555	*
γ (tratamento 2)	0,6427087 \pm 0,5114372	-0,3522266	1,6399446	NS
γ (tratamento 3)	0,3637498 \pm 0,507413	-0,6249913	1,364192	NS

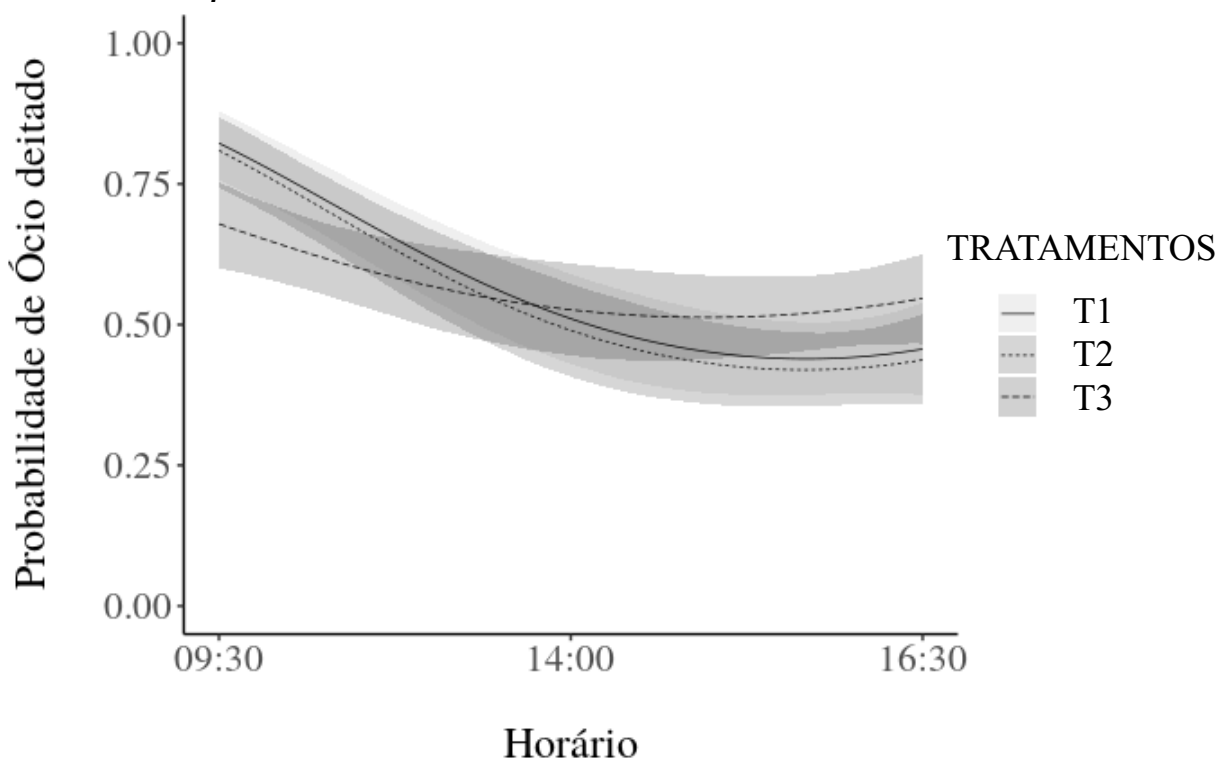
NS= não significativo.

*Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 25 – Probabilidade de ócio deitado ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

O comportamento de ócio deitado é associado positivamente com produtividade, saúde e bem-estar de vacas leiteiras, a duração e frequência do período deste comportamento são uma medida de conforto (SOLANO et al, 2016). Entretanto, o comportamento de descanso é influenciado por vários fatores, dentre eles, sistema de produção (VON KEYSERLINGK et al., 2012), dimensão do galpão (TUCKER; WEARY; FRASER, 2004), superfície do galpão (COOK et al, 2008), densidade de lotação (FREGONESI et al, 2007) e estresse térmico (COOK et al, 2007).

Estudos realizados demonstraram que vacas com tempo de ócio deitado restrito apresentam níveis elevados de cortisol plasmático e outros indicadores de estresse fisiológico, portanto, as vacas leiteiras não devem ter redução do tempo de descanso (TUCKER et al., 2009; FISHER et al., 2002).

Além disso, esse estresse pode ser detectado por uma diminuição por tempo de ruminação, sendo que o tempo de ruminação tem relação positiva com a produção leiteira (STONE et al., 2017). Em estudos realizados por Moretti et al. (2017) pode-se verificar uma correlação negativa entre tempo de ruminação e ITU em 122 vacas

holandesas na Itália durante 3 meses no verão.

Para os dados de probabilidade de ruminar em pé houve efeito linear de hora apenas para os tratamentos 1 e 2 (Tabela 16).

Tabela 16 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ruminar em pé nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	-3,7086173 \pm 0,9123971	-5,5060896	-1,9697700	*
α (tratamento 2)	-5,4394710 \pm 2,1913883	-9,74739882	-1,2369731	*
α (tratamento 3)	-3,5485692 \pm 2,1693986	-7,782671	0,6648954	NS
β (tratamento 1)	2,0641236 \pm 0,9523091	0,2115683	3,8823518	*
β (tratamento 2)	4,4214555 \pm 2,2835648	0,02093831	8,8873962	*
β (tratamento 3)	2,1631926 \pm 2,2763981	-2,268916	6,5351859	NS
γ (tratamento 1)	-0,2680848 \pm 0,2266810	-0,6992299	0,1753448	NS
γ (tratamento 2)	-0,9008911 \pm 0,5431803	-1,97031044	0,1523357	NS
γ (tratamento 3)	-0,3850151 \pm 0,5433937	-1,428503	0,6772981	NS

NS= não significativo.

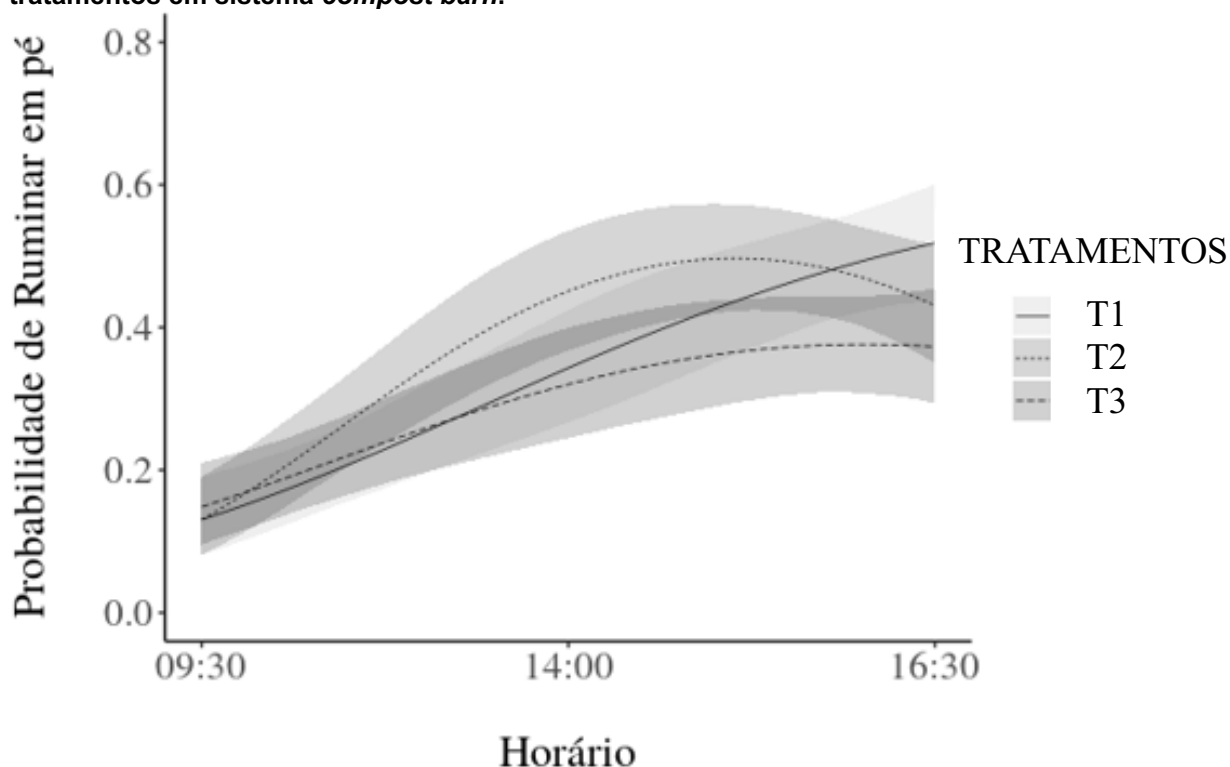
***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Conforme observado na Figura 26, a probabilidade de ruminar em pé foi menor que 0,2 as 09:30 h, cerca de 0,3 as 14:30 h e maior que 0,5 as 16:30 h. A menor probabilidade de ruminar em pé as 09:30 h se deve ao fato de ser o momento de maior ócio deitado e descanso dos animais pós-ordenha, subindo gradativamente após alimentação ao longo do dia.

Figura 26 – Probabilidade de ruminar em pé ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

De acordo com Broom e Fraser (2010) os bovinos preferem ruminar deitado ao invés de em pé, a maior probabilidade desse comportamento se deve as condições climáticas. Isso pode ser verificado neste trabalho, pois a maior probabilidade de ruminar em pé acontece nos horários de maior ITU e maior temperatura superficial da cama, conforme as Figuras 26 e 21, respectivamente, indicando maior desconforto. Em estudo realizado por Müschner-Siemens et al. (2020) na Alemanha, pode-se verificar que ITU superior a 52 exerce influência negativa no tempo de ruminação, principalmente em vacas multíparas de alta produção.

Em relação a ruminar deitado, não houve diferença para o efeito de horários (Tabela 17) e para o efeito de tratamento (Figura 27), mantendo-se linear entre a faixa entre 0,2 e 0,6. Segundo Stone et al. (2017) a produção de leite está associada positivamente com o tempo de ruminação, principalmente, em vacas de alta produção que possuem consumo maior de matéria seca, requerendo maior tempo de ruminação.

Tabela 17 – Estimativas a posteriori dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ruminar deitado nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	-0,55432755 \pm 0,7547583	-2,0111455	0,9149738	NS
α (tratamento 2)	0,03769127 \pm 1,8233287	-3,507355	3,5489015	NS
α (tratamento 3)	-0,5919912 \pm 1,8321131	-4,1631088	2,990027	NS
β (tratamento 1)	0,06421409 \pm 0,8505165	-1,5773034	1,7313457	NS
β (tratamento 2)	-0,25270003 \pm 2,0650014	-4,264473	3,7965237	NS
β (tratamento 3)	-0,2523927 \pm 2,0650071	-4,2551754	3,814976	NS
γ (tratamento 1)	-0,01977615 \pm 0,2097256	-0,4308047	0,3916715	NS
γ (tratamento 2)	-0,03875753 \pm 0,5107834	-1,041427	0,9595719	NS
γ (tratamento 3)	0,1036577 \pm 0,5085805	-0,8935241	1,097362	NS

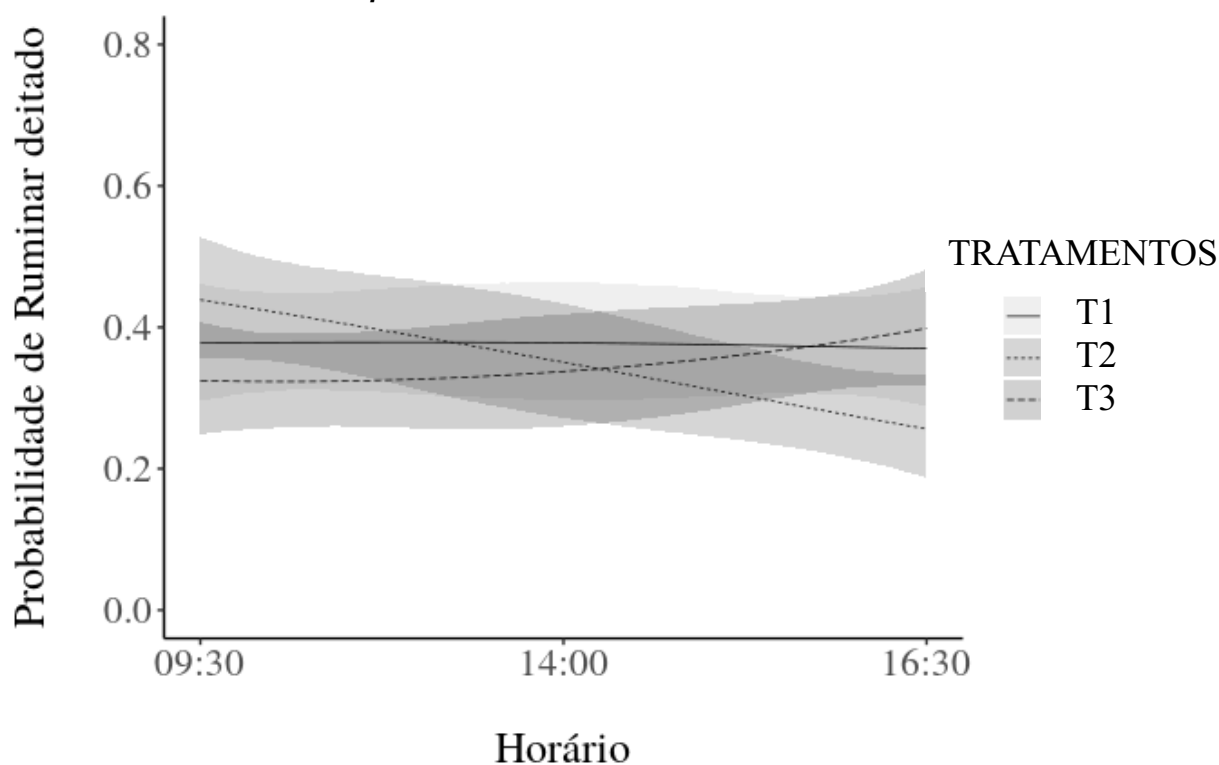
NS= não significativo.

*Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 27 – Probabilidade de ruminar deitado ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

De acordo com Soriani et al. (2013), o tempo de ruminação deitado tem o seu ápice durante a noite na fase de repouso das vacas, momento que não houve avaliação nesta pesquisa, justificando a menor probabilidade deste comportamento

durante o dia.

Com relação a probabilidade de comer, não houve significância para o efeito de horário (Tabela 18) e para o efeito de tratamento (Figura 28) e pode-se observar que este comportamento ficou na faixa de 0,1 a 0,6, isso tem influência da rotina de alimentação da propriedade. Isso se deve que o comportamento ingestivo de bovinos não é determinado somente por sinais biológicos, mas também pela visualização e ruído do vagão tratador de distribuição de ração (PRITCHARD; BRUNS, 2003). Na propriedade em estudo, o maior trato foi oferecido após o retorno da ordenha da manhã, um reforço de concentrado às 12:00 h e outro após o retorno da ordenha da tarde, momento que não houve mais avaliação.

Tabela 18 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de comer nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	0,13673012 \pm 1,8476715	-3,528227	3,763301	NS
α (tratamento 2)	0,13673012 \pm 1,8476715	-3,528227	3,763301	NS
α (tratamento 3)	1,1764382 \pm 1,8585055	-2,5147276	4,849973	NS
β (tratamento 1)	-0,33984731 \pm 2,1211513	-4,546272	3,861372	NS
β (tratamento 2)	-0,33984731 \pm 2,1211513	-4,546272	3,861372	NS
β (tratamento 3)	-1,3809360 \pm 2,1520986	-5,7027183	2,911722	NS
γ (tratamento 1)	-0,04089012 \pm 0,5339377	-1,092606	1,021354	NS
γ (tratamento 2)	-0,04089012 \pm 0,5339377	-1,092606	1,021354	NS
γ (tratamento 3)	0,1152824 \pm 0,5461019	-0,9725388	1,207955	NS

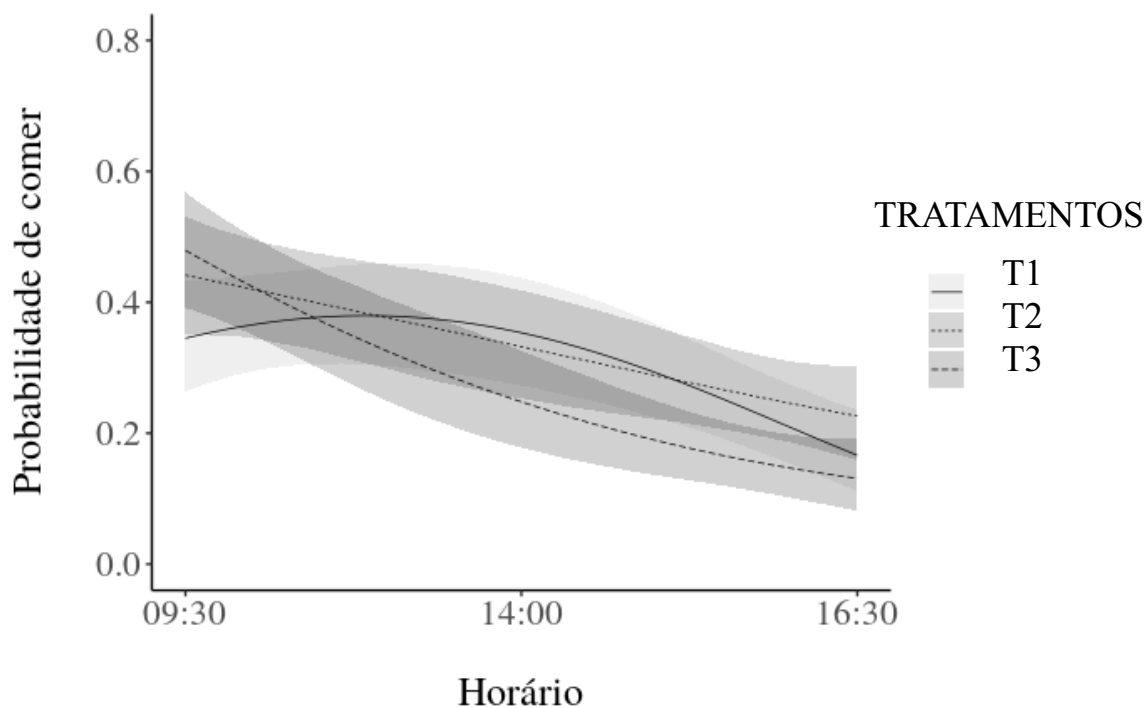
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 28 – Probabilidade comer ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

Neste estudo, a probabilidade de ingerir água teve efeito de horário para os tratamentos 1 e 3 (Tabela 19). Para o tratamento 1 os valores foram menores que 0,2 as 09:30 e atingindo pico as 14:00 h, superior a 0,4. Para o tratamento 3, a curva de probabilidade foi similar, porém com pico antecipado as 12:00 h e máximo de probabilidade de 0,3.

Tabela 19 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de ingerir água nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	-5,457104 \pm 0,8563904	-7,173466	-3,7921897	*
α (tratamento 2)	-3,4555007 \pm 2,0417630	-7,467355	0,5385807	NS
α (tratamento 3)	-4,137864 \pm 2,1003246	-8,2851043	-0,01123671	*
β (tratamento 1)	5,301071 \pm 0,9353913	3,482577	7,1489403	*
β (tratamento 2)	2,9378852 \pm 2,2458333	-1,471961	7,3273504	NS
β (tratamento 3)	4,373800 \pm 2,3685900	-0,2203762	9,01706803	NS
γ (tratamento 1)	-1,376740 \pm 0,2336769	-1,843888	-0,9182961	*
γ (tratamento 2)	-0,7660183 \pm 0,5600854	-1,861329	0,3400184	NS
γ (tratamento 3)	-1,367663 \pm 0,6125341	-2,5803183	-0,18013655	*

NS= não significativo.

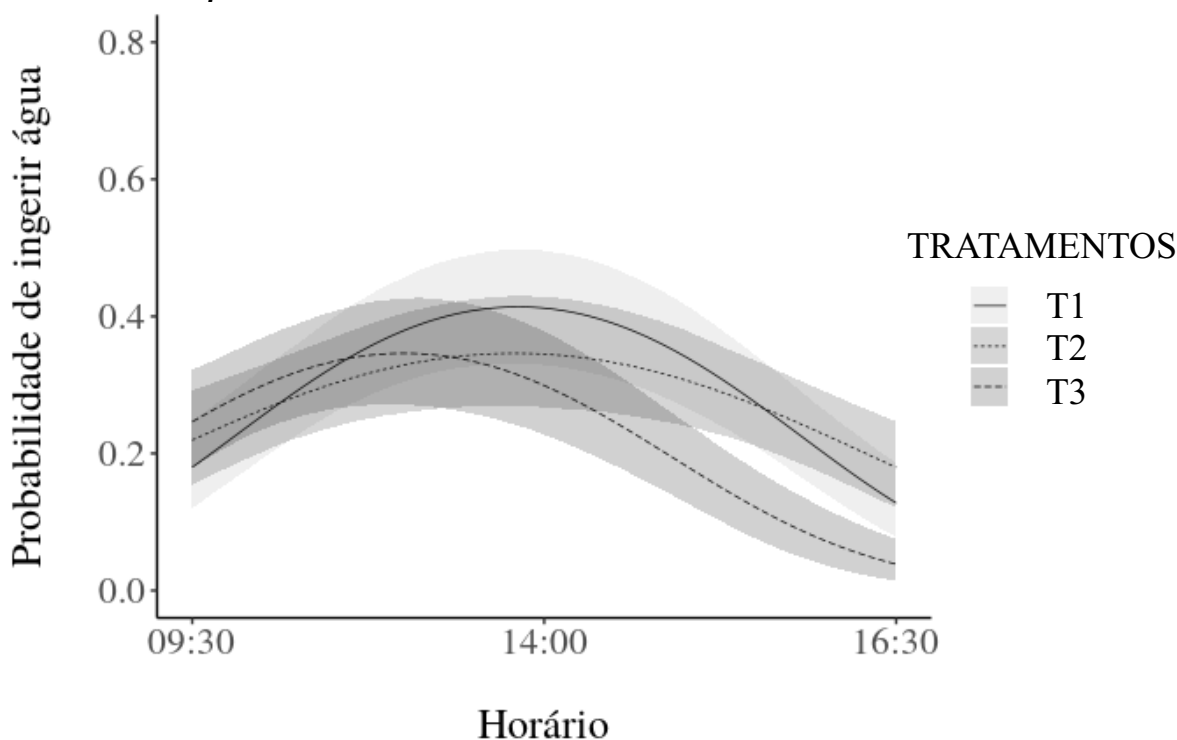
***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Também é possível observar diferença entre os tratamentos 1 e 2 em relação ao 3, a partir das 15:00 h (Figura 29), onde o tratamento 3 demonstrou menores probabilidades de ingerir água. Esta menor probabilidade para o tratamento 3 tem correlação com a menor temperatura superficial média e ITU do mesmo tratamento nesta mesma faixa de horário.

Figura 29 – Probabilidade de ingerir água ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

A medida que se eleva a produção leiteira, aumenta-se a demanda de água pelo organismo animal. Segundo o NRC (2001) para vacas de alta produção e com peso médio de 650 kg, como as do presente experimento (média 45 litros), o requerimento diário de água é de aproximadamente 145 litros.

O comportamento de maior ingestão de água funciona como ferramenta para amenizar o estresse térmico nas horas mais quentes do dia, como um mecanismo auxiliar da termorregulação. Bewley et al. (2008) descobriram que quando as vacas ingerem água, ocorre uma drástica redução de até 9,2 °C da temperatura retal, o que justifica a maior ingestão em estresse térmico.

Isto também pode ser verificado por Kramer (1993), que em seus estudos demonstra que quando a temperatura do ambiente se elevou de 21 °C para 32 °C, o consumo de água aumentou proporcionalmente de 130 para 170 litros, em vacas de alta produção. Estudos mais recentes em bovinos demonstraram que em ambiente com temperatura de 40 °C os animais consumiram 13 litros de água a mais por animal diariamente, do que em dias a 25 °C (SEXTON et al., 2012).

Em relação a probabilidade de andar, houve efeito quadrático de hora apenas

para o tratamento 1 (Tabela 20). Esse tratamento teve probabilidade menor que 0,4 no horário das 09:30 h, com pico de 0,6 de probabilidade a partir das 11:00 h da manhã que estende-se aproximadamente até às 15:00 h (Figura 30), que condiz com a elevação do ITU nesse mesmo horário (Figura 21). Esses dados demonstram que os animais sentiam maior desconforto térmico nesta faixa de horário, aumentando o comportamento de andar para procurar um local mais confortável para troca de calor.

Tabela 20 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de andar nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	-3,3245427 \pm 0,7617436	-4,830632	-1,8356050	*
α (tratamento 2)	-0,8733282 \pm 1,8382325	-4,477643	2,7066802	NS
α (tratamento 3)	0,1097297 \pm 1,8258666	-3,494795	3,7185152	NS
β (tratamento 1)	3,7449362 \pm 0,8591757	2,079589	5,4166148	*
β (tratamento 2)	1,4910903 \pm 2,0851505	-2,541565	5,5761603	NS
β (tratamento 3)	0,5332475 \pm 2,0693042	-3,502049	4,5627698	NS
γ (tratamento 1)	-0,8963198 \pm 0,2118794	-1,315464	-0,4851189	*
γ (tratamento 2)	-0,3515897 \pm 0,5144112	-1,368136	0,6505366	NS
γ (tratamento 3)	-0,3071342 \pm 0,5120115	-1,309095	0,6964527	NS

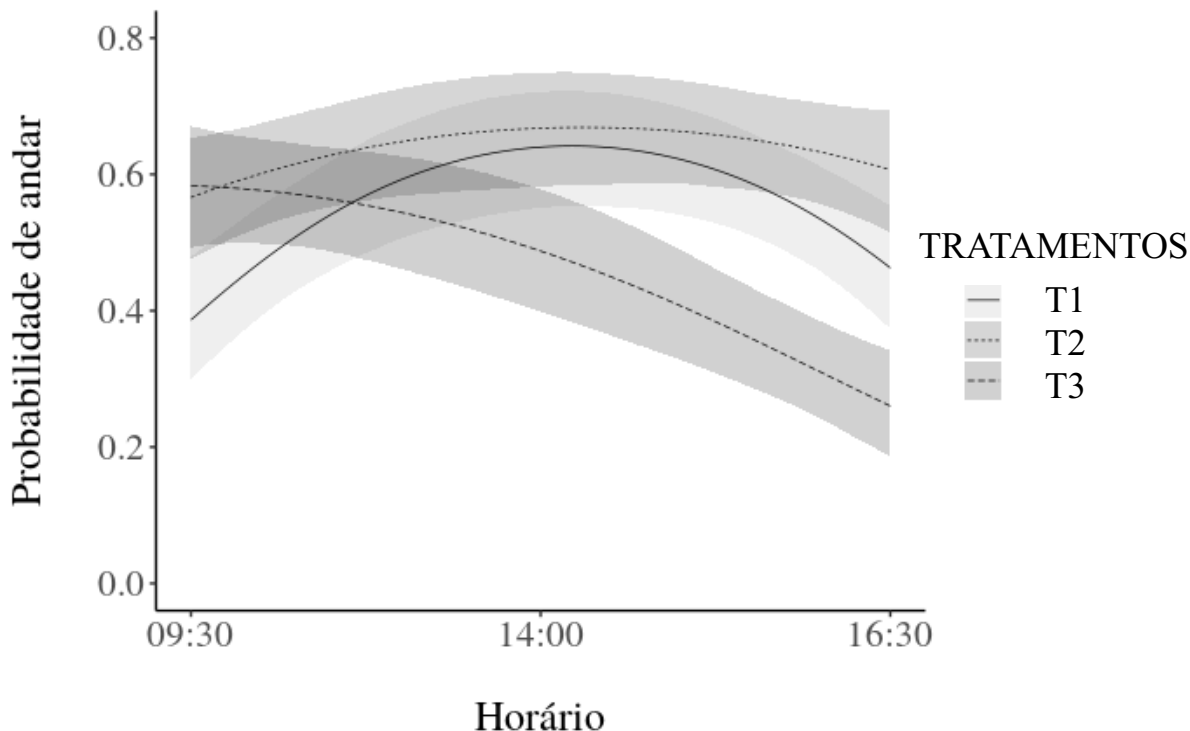
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C

Figura 30 – Probabilidade de andar ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

A diferença entre o tratamento 1 e 3, pode ser visualizada na Figura 30, a partir das 14:00 h, onde a probabilidade de andar atingiu pico de 0,5 e 0,6, para o tratamento 3 e 1, respectivamente. Diferente do tratamento 1, o tratamento 3 apresentou reta decrescente, diminuindo a probabilidade para 0,2 as 16:30 h.

Pode-se observar que o ITU é menor no horário das 09:30 h para o tratamento 1 (Figura 21), em comparação aos demais tratamentos, o que condiz com a menor probabilidade de andar neste horário. Em estudo realizado por Endres e Barberg (2007), foi possível verificar que a média de passos para ITU abaixo de 72 (situação de conforto) foi de 71,6 passos/hora e para índice igual ou acima 72 foi de 120,8 passos/hora. Os autores ainda comentam que o comportamento de andar pode ser um indicativo de estresse, inquietação ou ainda pela maior necessidade de caminhar até o bebedouro.

Considerando que o comportamento de ingestão de água foi menor para o tratamento 3, é possível que a menor probabilidade do comportamento de andar devesse a redução do deslocamento dos animais até o bebedouro e, conseqüentemente, ao maior conforto térmico proporcionado por esse tratamento.

Em relação à probabilidade do comportamento de brincar com a cama, houve

efeito quadrático de horário, que pode ser visualizado para o tratamento 1 (Tabela 21), visto que este, foi menor que os demais em todos os horários, permanecendo abaixo de 0,1, com leve acentuação desse comportamento às 14:00 h (Figura 31). Este comportamento é constantemente usado como indicador de um comportamento lúdico em *compost barn*, no entanto, Pillati et al. (2018) também não obtiveram níveis significativos deste comportamento.

Tabela 21 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de brincar com a cama nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	-5,4152483 \pm 1,3138027	-8,0238995	-2,8298369	*
α (tratamento 2)	-2,4188845 \pm 2,9409787	-8,172195	3,497822	NS
α (tratamento 3)	-2,5770778 \pm 2,9324117	-8,342112	3,147343	NS
β (tratamento 1)	3,2565473 \pm 1,4029347	0,4816996	6,0027638	*
β (tratamento 2)	0,8492707 \pm 3,2048989	-5,534029	7,085145	NS
β (tratamento 3)	0,9194220 \pm 3,2004797	-5,422339	7,189198	NS
γ (tratamento 1)	-0,8426681 \pm 0,3494173	-1,5288442	-0,1488952	*
γ (tratamento 2)	-0,2326578 \pm 0,7968614	-1,774556	1,358600	NS
γ (tratamento 3)	-0,3056695 \pm 0,7971624	-1,884054	1,269611	NS

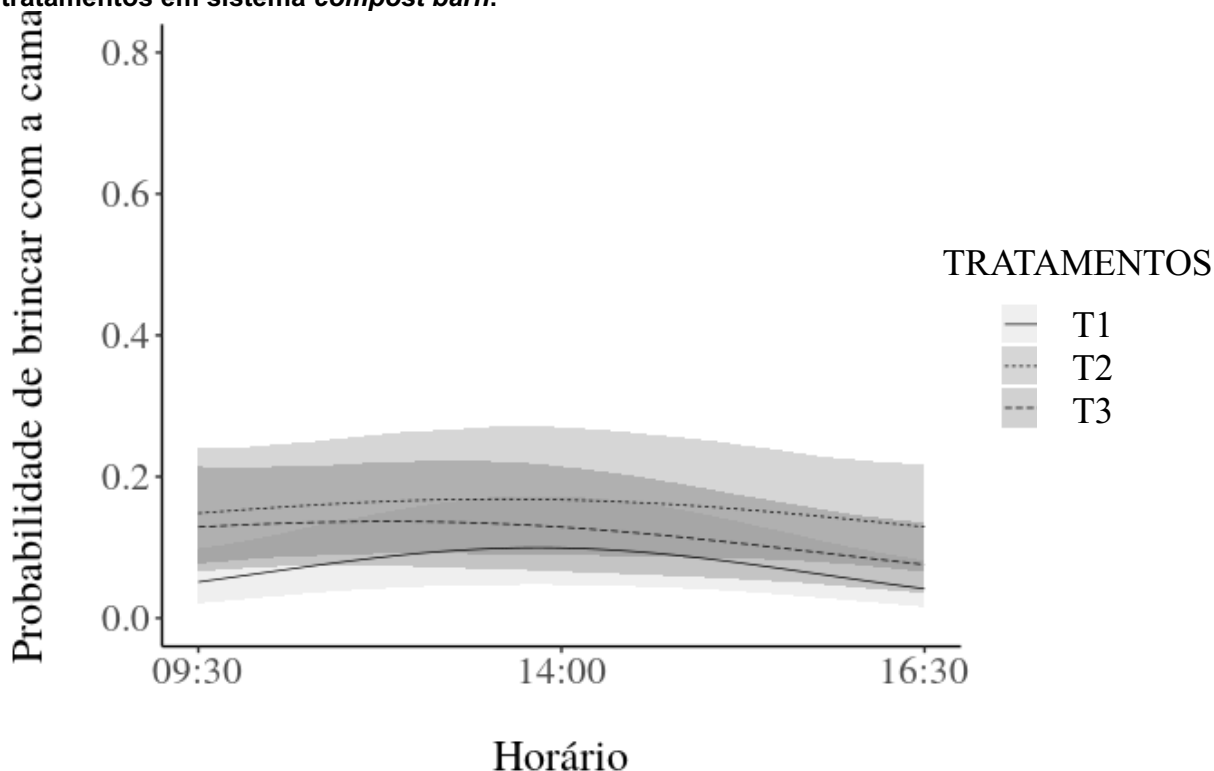
NS= não significativo.

***Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).**

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C

Figura 31 – Probabilidade de brincar com a cama ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

O *compost barn* vem sendo descrito como um sistema de produção eficaz para a melhoria do comportamento animal, principalmente, para o comportamento de deitar, onde proporciona superfície adequada para os animais manifestarem suas posições naturais de descanso, e interações sociais positivas (BARBERG et al., 2007). Essas interações positivas incluem comportamentos como o de lambar, brincar com a cama e dormir.

A probabilidade de dormir apresentou efeito linear para horário apenas para o tratamento 1 (Tabela 22), principalmente às 09:30 h onde a probabilidade foi de 0,3 a 0,4 (Figura 32), que foi o momento após ordenha e alimentação, concomitante ao maior momento de ócio deitado.

Tabela 22 – Estimativas *a posteriori* dos dados horários dos parâmetros (média \pm erro padrão e intervalos de credibilidade) da probabilidade de dormir nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Percentil		Significância
		2,50%	97,50%	
α (tratamento 1)	1,1064086 \pm 0,8612990	-0,5564886	2,79974421	NS
α (tratamento 2)	-0,25452488 \pm 2,0606688	-4,282001	3,819326	NS
α (tratamento 3)	-0,57160281 \pm 2,0559187	-4,573541	3,147343	NS
β (tratamento 1)	-1,9564733 \pm 1,0175632	-3,9861533	-0,01618181	*
β (tratamento 2)	-0,48699411 \pm 2,4341408	-5,338427	4,257575	NS
β (tratamento 3)	-0,39237078 \pm 2,4220951	-5,111165	4,318742	NS
γ (tratamento 1)	0,3228968 \pm 0,2576817	-0,1720377	0,83432219	NS
γ (tratamento 2)	-0,02100368 \pm 0,6168866	-1,225303	1,207086	NS
γ (tratamento 3)	0,04854068 \pm 0,6111999	-1,141699	1,235100	NS

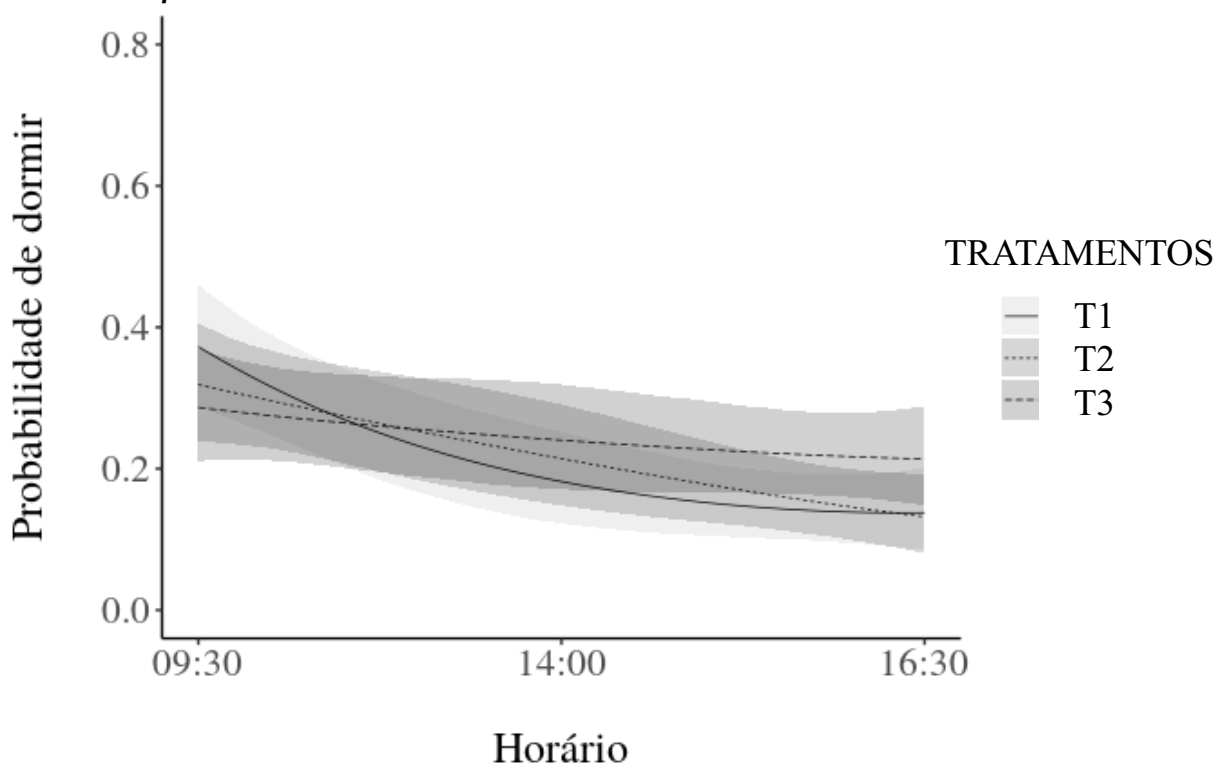
NS= não significativo.

*Estatisticamente diferente com base nas comparações bayesianas ($P < 0,05$).

α = intercepto; β = efeito linear de hora; γ = efeito quadrático de hora.

tratamento 1 = 19 °C; tratamento 2 = 22 °C; tratamento 3 = 25 °C.

Figura 32 - Probabilidade de dormir ao longo das horas do dia nos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.



Tratamentos: T1 = 19 °C; T2 = 22 °C; T3 = 25 °C.

Esse aumento às 09:30 h deve-se aos menores valores de ITU para o tratamento 1 no mesmo horário (Figura 21). Porém, pode-se observar que esse mesmo tratamento apresenta valores menores de probabilidade de dormir durante os horários mais quentes do dia, das 11:00 h às 16:30 h. Isso deve-se a dificuldade de

troca de calor com o meio quando o animal permanece na posição deitada, diminuindo o tempo de dormir e aumentando suas atividades para dissipar calor, como a atividade de andar (Figura 31) (HERBUT; ANGRECKA; WALCZAK, 2018).

Endres e Barberg (2007) avaliaram o comportamento de deitar e verificaram que este comportamento tem relação inversa com o ITU, à medida que o ITU diminui o comportamento de deitar aumenta. Poucos dados de literatura trazem informações específicas sobre o comportamento de dormir, mas sabe-se que é um indicador de conforto e segurança dos animais dentro das instalações. Alguns estudos trazem informações sobre o comportamento de dormir entre múltíparas e primíparas, ressaltando que as primíparas adormecem mais rápido pelo fato de ainda estarem crescendo (STONE et al., 2017), no entanto, não trazem indicadores sobre esse comportamento.

5.4. BEM-ESTAR ANIMAL

Neste estudo pode-se observar que o tratamento 3 em relação ao tratamento 1, obteve melhores escores de higiene. Ou seja, o tratamento 1 tem 37% mais chances de notas altas do que o tratamento 3 (Tabela 23). Isso se deve ao maior conforto térmico, como pode-se observar na Figura 21, onde o tratamento 3 obteve valores de ITU mais baixos (mínima 69 e máxima 75).

Tabela 23 – Estimativas a posteriori dos parâmetros (média \pm erro-padrão e intervalos de credibilidade) dos escores de higiene e claudicação de vacas dos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Intervalo de credibilidade		Significância
		2,50%	97,50%	
Escore de Higiene				
Intercepto (1)	-0,29 \pm 0,58	-1,45	0,82	NS
Intercepto (2)	1,85 \pm 0,59	0,69	2,97	NS
Intercepto (3)	3,60 \pm 0,61	2,40	4,78	NS
Trat. 1 / Trat. 2	1,11 \pm 1,16	0,83	1,49	NS
Trat. 1 / Trat. 3	1,37 \pm 1,17	1,01	1,87	*
Trat. 2 / Trat. 3	1,23 \pm 1,17	0,92	1,66	NS
Escore de Claudicação				
Intercepto (1)	3,53 \pm 0,42	2,76	4,40	NS
Intercepto (2)	4,18 \pm 0,46	3,34	5,13	NS
Intercepto (3)	4,85 \pm 0,51	3,90	5,89	NS
Trat. 1 / Trat. 2	1,10 \pm 1,60	0,44	2,81	NS
Trat. 1 / Trat. 3	1,10 \pm 1,60	0,43	2,77	NS
Trat. 2 / Trat. 3	0,99 \pm 1,59	0,39	2,51	NS

Intercepto (1), Intercepto (2), Intercepto (3) = Parâmetros dos escores de sujidade e claudicação. Trat. 1 / Trat. 2; Trat. 1 / Trat. 3; Trat. 2 / Trat. 3 = razão de chances entre os programas de ventilação; NS = não significativo.

***Diferença estatística com base nas comparações bayesianas (P<0,05).**

Trat. 1 = 19 °C; Trat. 2 = 22 °C; Trat. 3 = 25 °C.

O escore de higiene (EH) e escore de claudicação (EC) são referidos como um excelente indicador de conforto nos sistemas de produção. O tamanho da área de cama, bem como a lotação de animais possuem influência direta para eficiência do *compost barn*, além de garantir melhor limpeza e bem-estar dos animais (DAMASCENO, 2020).

Outros fatores que podem influenciar o escore de higiene são a lotação e a umidade da cama. Segundo Ofner-Schröck et al. (2015), em Israel, a área média por animal é entre 13 m² a 20 m², já nos EUA, as áreas de repouso são de 7,5 m² a 9,2 m² por vaca. Os autores, em sua pesquisa com 135 animais distribuídos em cinco fazendas, observaram escore de higiene médio de 0,44. Já em estudo realizado por outros autores, as médias de escore de higiene foram de 3,1 (OUWELTJES; SMOLDERS, 2014) e 2,1 (FÁVERO et al., 2015). Os autores Fávero et al. (2015), ressaltam que a chance de uma mastite subclínica ocorrer aumentam em 32% a cada aumento de um escore de higiene. Para o presente estudo, o escore médio de higiene foi de 1,84, sendo superior aos dados encontrados Ofner-Schröck et al. (2015) em Israel, no entanto, inferior aos dados de Fávero et al. (2015) no Brasil; considerando as diferenças climatológicas, o valor obtido encontra-se dentro de faixa aceitável de escore de higiene.

Na presente pesquisa, a área média por animal foi de 13,75 m², o que condiz com as medidas encontradas por Leso et al. (2020), em que a lotação da cama variou de 7,4 a 15 m² por vaca. Em estudo realizado por Pilatti (2017) com lotação 16,4 m² por animal, o escore 1 obteve frequência absoluta mais elevada durante toda o período experimental, demonstrando assim, que a maioria das vacas estavam limpas.

O manejo e a qualidade da cama têm correlação direta com a higiene das vacas. Em estudo realizado por Eckelkamp et al. (2016b) foi avaliado a contagem de células somáticas do leite, escore de higiene e claudicação, em sistema *compost* e *free stall* com cama de areia, concluíram que não houve diferença entre ambos os sistemas.

Outro fator que pode influenciar o conforto e bem-estar de vacas leiteiras é o escore de claudicação, este escore é citado como um dos principais problemas dos sistemas confinados que afetam os animais em lactação (BROOM; FRASER, 2010). Animais que apresentam manchas de sujeira sobre os tetos, úbere, quarto traseiro e pernas, possuem alto escore de sujeira, o que propicia ocorrência de mastite e tendem a ter maior ocorrência de altos escores de claudicação (WARD et al., 2002).

No presente estudo, não houve significância para escore de claudicação entre os tratamentos que pode ser verificado na Tabela 23. No entanto, o valor médio obtido foi de 1,06 durante o período experimental, o que significa que a maioria dos animais se encontravam normais para o escore de claudicação. Em estudo realizado por Biasatto et al. (2019) avaliando 11 animais em cada sistema (*compost barn* e *free stall*), não foram observadas lesões de jarrete ou de casco no *compost barn*, no entanto, 25% das vacas do *free stall* apresentara lesões de jarrete e 5% de casco.

Bran et al. (2019) classificaram vacas com escore de claudicação acima de 4 como mancas, e ressaltam que essas vacas mancas reduzem a ingestão de matéria seca e a condição corporal e, conseqüentemente, a produção leiteira. No estudo, vacas mancas reduziram, em produção de leite, 1,3 kg dia⁻¹, isso devido a dor que acaba impedindo o acesso dos animais à alimentação.

O escore de cocho pode ser um importante indicador de consumo, em associação ao comportamento de comer, a partir dele, pode-se estimar o consumo de matéria seca. No entanto, para o presente estudo, o escore de cocho não demonstrou diferença significativa para tratamento (Tabela 24).

Tabela 24 – Estimativas a posteriori dos parâmetros (média \pm erro-padrão e intervalos de credibilidade) dos escores de cocho de vacas dos diferentes tratamentos em sistema *compost barn*.

Parâmetro	Média \pm Erro-padrão	Intervalo de credibilidade		Significância
		2,50%	97,50%	
Intercepto (1)	-3,68 \pm 1,52	-6,79	-0,85	*
Intercepto (2)	-0,79 \pm 1,45	-3,78	2,02	NS
Intercepto (3)	3,05 \pm 1,50	0,23	6,15	NS
Trat. 1 / Trat. 2	1,21 \pm 1,81	0,39	3,40	NS
Trat. 1 / Trat. 3	2,03 \pm 1,84	0,61	6,60	NS
Trat. 2 / Trat. 3	1,67 \pm 1,85	0,52	5,84	NS

Intercepto (1), Intercepto (2), Intercepto (3) = Parâmetros dos escores de cocho.

Trat. 1 / Trat. 2; Trat. 1 / Trat. 3; Trat. 2 / Trat. 3 = razão de chances entre os programas de ventilação; NS = não significativo.

***Diferença estatística com base nas comparações bayesianas (P<0,05).**

Trat. 1 = 19 °C; Trat. 2 = 22 °C; Trat. 3 = 25 °C.

Os autores Spain, Spiers e Snyder (1998) demonstraram que vacas em lactação sob estresse térmico diminuem a ingestão de 6 a 16% em comparação com as vacas sob ambiente neutro térmico. Vasconcelos (2011) complementa que o manejo de cocho pode maximizar a eficiência alimentar e reduzir variações no consumo de ração em bovinos confinados. Esta ferramenta fornece representatividade de quanto alimento não foi consumido em relação ao total fornecido. Muitos são os fatores que podem interferir no consumo, dentre eles, o teor de matéria seca (MS), a quantidade de fibra em detergente neutro da dieta, além de outros fatores ambientais, como clima e temperatura (NFTALLIANCE, 2010).

6. CONCLUSÕES

Observa-se que os programas de ventilação testados não apresentaram efeito sobre a qualidade da cama, não alterando a temperatura e umidade no interior da mesma. No entanto, o programa de ventilação com acionamento superior a 25 °C foi o que apresentou menores valores de temperatura superficial da cama nos horários mais quentes do dia, indicando uma superfície menos aquecida para descanso dos animais.

No que diz respeito ao ambiente térmico do galpão, esse mesmo programa de ventilação, apesar de obter valores menores de velocidade do vento, apresentou melhor ambiente térmico em termos de temperatura e umidade do ar, e índice de temperatura e umidade (ITU).

O comportamento animal foi influenciado pelos programas de ventilação e, conseqüentemente, pelo ambiente térmico da instalação. O programa de ventilação com acionamento superior a 25 °C proporcionou menores probabilidades dos comportamentos ócio em pé, andar e ingestão de água nos períodos quentes do dia, evidenciando um melhor microclima.

Em relação a termorregulação dos animais, pode se verificar que a temperatura superficial dos animais foi inferior quando o sistema de ventilação foi acionado quando a temperatura ambiente se encontrava acima de 25 °C. Este programa de ventilação também apresentou melhores valores de escore de higiene em relação aos demais programas, proporcionando maior bem-estar aos animais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa de ventilação com acionamento dos ventiladores em temperatura acima de 25 °C além de ter demonstrado melhor conforto térmico aos animais, sem influenciar negativamente na temperatura e umidade da cama, também torna-se economicamente melhor, em virtude do menor gasto energético para o sistema de produção.

Em relação a qualidade de cama em sistema *compost barn*, outros fatores além de temperatura e umidade devem ser avaliados, como relação carbono:nitrogênio e população bacteriana.

No presente estudo pode-se observar o bem-estar dos animais, que se encontravam tranquilos em posições de alto relaxamento e não demonstravam medo dos avaliadores. Bem como não foi observado situações intensas de brigas ou competição por espaço, sub entende-se que a lotação para essa propriedade para o tamanho desses animais e para esse lote de produção estava adequada.

Sabe-se da influência do tipo de construção, material dos telhados, presença de lanternim, entre outros fatores que podem influenciar no microclima de uma instalação, bem como o ambiente externo. Como neste trabalho não foi possível fazer esta comparação, esse acionamento de temperatura não deve ser adotado como regra para todos os tipos de instalação *compost barn*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. P. DE; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; MORRIL, W. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1337–1344, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L. D. G.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, n. 22, p. 711–728, 2013.

ARAÚJO, H. B. **Avaliação de sistemas de resfriamento adiabático evaporativos em "baías livres" para bovinos com alta produção de leite**. 2002. 42 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

ANDREWS, A. H.; BLOWEY, R. W.; BOYD, H.; EDDY, R. G. **Medicina Bovina: Doenças e Criação de Bovinos**. 2ª edição. São Paulo: ROCA, 2008.

ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2044–2050, 1994.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATUMINO, H. M.; LANA, A. M.Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 6, p. 2000–2008. 2005.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J.K. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1575–1583, 2007.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Dairy compost barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 23, p. 231–238, 2007.

BERMAN, A. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 6, p. 1377–1384, 2005.

BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABERL, Y. Upper Critical Temperatures and Forced Ventilation Effects for High-Yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 6, p. 1488–1495, 1985.

BEWLEY, J. M.; GROTT, M.; EINSTEIN, M.; SCHUTZ, M. Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3880–3887. 2008.

BEWLEY, J. M.; TARABA, J.; MCFARLAND, D.; HOLMES, B.; TYSON, J.; GARRETT, J.; KAMMEL, D.; WEEKS, S.; GRAVES, R.; PORTER, J.; WRIGHT, P. Guidelines for managing compost bedded-pack barns. **The Dairy Practices Council**, 2013.

BEWLEY, J.; TARABA, J.; DAY, G. BLACK, R.; DAMASCENO, F. Compost bedded pack barn design: features and management considerations. **Agriculture and Natural Resources**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/256601037_Compost_Bedded_Pack_Barn_Design_Features_and_Management_Considerations>. Acesso em: 25 de maio 2020.

BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; BEWLEY, J. M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, 2013.

BIASATO, I.; D'ANGELO, A. BERTONE, I.; ODORE, R. BELLINO, C. Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: effects on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**. v. 18, n. 1, p. 1142–1153. 2019.

BICALHO, R. C.; VOKEY, F.; ERB, H. N.; GUARD, C. L. Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: impact on pregnancy and survival. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4586–4591, 2007.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1947–1956, 2007.

BOND, G. B.; ALMEIDA, R.D.; OSTRENSKY, A.; MOLENTO, C. F. M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. **Ciência Rural**, v.42, n. 7, 2012.

BRAMBELL, F. W. R. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive husbandry conditions. **H.M.S.O.**, London, 1965.

BRAN, J. A.; COSTA, J. H. C.; von KEYSERLINGK, M. A. G.; HÖTZEL, M. J. Factors associated with lameness prevalence in lactating cows housed in freestall and compost-bedded pack dairy farms in southern Brazil. **Preventive Veterinary Medicine**, v.172, p. 104773, 2019.

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2016.

BROOM, D. M. A history of animal welfare science. **Acta Biotheor**, v. 59, p. 121–137, 2011.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Comportamento e bem-estar de animais domésticos**. 4ª edição, São Paulo: Manole, 2010.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas-revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, p. 1–11, 2004.

BURGSTALLER, J.; RAITH, J.; KUCHLING, S.; MANDL, V.; HUND, A.; KOFLE, J. Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **Veterinary Journal**, v. 216, p. 81–86, 2016.

BÜRKNER, P. et al. brms: An R package for Bayesian multilevel models using Stan. **Journal of Statistical Software**, v. 80, n. 1, p. 1–28, 2017.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, S.; TORRES DE CAMPOS, A. Construções para gado de leite: instalações para novilhas. 2006. **Artigo em Hipertexto**. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/artigos/zootecnia/constleite/index.htm>>. Acesso em: 19 abril de 2020.

CERVONI, J. **Conceito de escore de cocho**. 2006. Disponível em: <www.campose-carrer.com.br>. Acesso em: 13 junho 2020.

CEZAR, I. M. QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. S.; CASSALES, F. L. G.; COSTA, F. P. Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: Uma Descrição com Ênfase no Regime Alimentar e no Abate. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, 2005.

CHARLTON, G. L.; RUTTER, S. M.; EAST, M.; SINCLAIR, L. A. Preference of dairy cows: Indoor cubicle housing with access to a total mixed ration vs. access to pasture. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 130, p.1–9, 2011.

COOK, N. B., MENTINK, R. L., BENNETT, T. B., BURGI, K. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p.1674–1682, 2007.

COOK, N.B.; NORDLUNG, K. V. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. **The Veterinary Journal**. v. 179, p. 360–369, 2009.

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

COLLIER, R., J.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; ZIMBLEMAN, R. B. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. **MidSouth Ruminant Nutrition Conference**, p. 74–84, 2012.

COSTA, J. H. C.; HÖTZEL, M. J.; LONGO, C.; BALCÃO, L. F. A survey of management practices that influence production and welfare of dairy cattle on family farms in southern Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, 2013.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012. p. 391. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

DAMASCENO, F. A. **Compost barn como uma alternativa para a pecuária leiteira**. Divinópolis:Adelante, 2020.

DEL-CLARO, K. **Comportamento Animal – Uma introdução à ecologia comportamental**. São Paulo:Conceição, 2004.

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 Dairy Science**. v. 92, p.109–116. 2009.

DOMINGOS, H. G. T.; MAIAB, A. S. C.; SOUZA JR., J. B. F.; SILVA, R. B.; VIEIRA, F. M. C.; SILVA, R. G. Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region. **Livestock Science**, v. 154, n. 1–3, p. 169–174, 2013.

DUNCAN, I. J. H. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. **Rev. Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties**. v. 24, n. 2, p. 483-492, 2005.

DUNCAN, I. J. H.; PETHERICK, J. C. The implication of cognitive processes for animal welfare. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 5017–5022, 1991.

ECKELKAMP, E. A.; TARABA, J. L.; AKERS, K. A.; HARMONA, R. J.; BEWLEY, J. M. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v. 190, p. 35–42, 2016a.

ECKELKAMP, E. A.; TARABA, J. L.; AKERS, K. A.; HARMONA, R. J.; BEWLEY, J. M. Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v. 190, p. 48–57, 2016b.

EKINCI, K.; KEENER, H.M.; AKBOLAT, D. Effects of feedstock, airflow rate, and recirculation ratio on performance of composting systems with air recirculation. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 7, p. 922–932, 2005.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded-Pack Housing System. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 9, p. 4192–4200, 2007.

ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. **Compost bedded pack barns for dairy cows**. Extension, University of Nebraska-Lincoln, 2008.

FÁVERO, S.; PORTILHO, F. V. R.; OLIVEIRA, A. C. R.; LANGONI, H.; PANTOJA, J. C. F. Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**, v. 181, p. 220–230, 2015.

FAWC, Farm Animal Welfare Council. **Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future**. London, 2009.

FISHER, A. D.; VERKERK, G. A.; MORROW, C. J.; MATTHEWS, L. R. The effects of

feed restriction and lying deprivation on pituitary adrenal axis regulation in lactating cows. **Livestock Production Science**, v. 73, p. 255–263. 2002.

GALAMA, P. J., OUWELTJES, W.; ENDRES, M. I.; SPRECHER, J. R. LESO, L.; KUIPERS, A. KLOPCIC, M. Symposium review: Future of housing for dairy cattle. **Journal Dairy Science**. p.103. 2020.

GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 1, p. 226–234, 2008.

GELMAN, A.; RUBIN, D. B. Inference from iterative simulation using multiple sequences. **Statistical Science** 7, 457–511. 1992.

GIBBONS, J. M.; LAWRENCE, A. B.; HASKELI, M.J. Measuring sociability in dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 122, p. 84–91, 2010.

GOOGLE MAPS. **Município de Campo Erê**. Disponível em:<<https://www.google.com.br/maps/@-26.4822538,-53.1241289,667m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 22 de mar. 2019.

GRANDIN, T.; DEESING, M. J. Genetics and behaviour during handling, restraint, and herding. In: Grandin, T. & Deesing, M. J. (eds.) **Genetics and the Behaviour of Domestic Animals**. Second ed. Academic Press, San Diego, 2014.

GRANDIN, T.; JOHNSON, C. Vacas. In:_____. **O bem-estar dos animais: Proposta de uma vida melhor para todos os bichos**. Rio de Janeiro: Rocco, 2010. cap. 5, p. 141–177.

HALL, S. J. G. **Behaviour of Cattle**. In: **JENSEN, P. The ethology of domestic animals: an introductory text**. Londres: CABI Publishing, 2002. cap. 9, p. 131–143.

HERBUT, P. ANGRECKA, S.; GODYN, D.; HOFFMANN, G. The physiological and productivity effects of heat stress in cattle – a review. **Annals of Animal Science**. p. 1–27. 2019.

HERBUT, P.; ANGRECKA, S. The effect of heat stress on time spent lying of cows in a housing system. **Annals of Animal Science**, v. 30, n. 59, p. 24–28. 2018.

HERBUT, P. ANGRECKA, S.; GODYN, D. Effect of the duration of high air temperature on cow's milking performance in moderate climate conditions. **Annals of Animal Science**. v. 18, p. 195–207. 2018.

HERBUT, P. ANGRECKA, S.; WALCZAK, J. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. **International Journal of Biometeorology**. v. 62, p. 2089–2097. 2018.

HONORATO, L. A.; HÖTZEL, M.J.; GOMES, C.C.D.M., SILVEIRA; I.D.B.; MACHADO FILHO, L.C.P. Particularidades relevantes da interação humano-animal para o bem-estar e produtividade de vacas leiteiras. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, 2012.

HÖTZEL, M. J.; LEMOS, T. D.; MACHADO FILHO, L. C. A hierarquia social e o regime de oferta influenciam o consumo de água em bovinos leiteiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 84-91, 2013.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. W. Compost dairy barn layout and management recommendations. In: **ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers**. Boston, MA, v. 23, p. 97–102. 2007.

JENSEN, P. The Study of Animal Behaviour and its Applications. In: _____. **The ethology of domestic animals: an introductory text**. Londres: CABI Publishing, cap 1, p. 3–11, 2002.

JOHNSON, H. D. **Bioclimatology and the adaptation of livestock**. Amsterdam: Elsevier. 279 p. 1987.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N. MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59–91, 2002.

KIKUSUI, T.; WINSLOW, J.; MORI, Y. Social buffering: relief from stress and anxiety. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 361, n. 1476, p. 2215–2228, 2006.

KLAAS, I., C.; BJERG, B.; FRIEDMANN, S.; BAR, D. Cultivated barns for dairy cows. **Dansk Veterinaertidsskrift**, v. m, n. 9, p. 20–29, 2010.

KRAMER, J. Água, a base da produção de leite. **Revista dos Criadores**. v. 62. supl. SCL, n. 160, p. 11, 1993.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A. DAMASCENO, F. A.; GALAMA, P. TARABA, J. L.; LUIPERS, A. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 103. 2020.

LOBECK, K., M.; ENDRES, M., I.; SHANE, E., M.; GODDEN, S., M.; FETROW, J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 11, p. 5469–5479, 2011.

MACHADO FILHO, L. C. P.; MACHADO, T. M. P.; MELLO, D. F. M. M.; HONORATO, L. A. Bem-estar de bovinos em pastagens. In: PARIS, W. et al. **Simpósio de Produção Animal a Pasto**. Dois Vizinhos: UTFPR, 2015. p. 273–312.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment : a prediction model . **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p.1837–1843, 2008.

MARCINIAK, A. The use of temperature-humidity index (thi) to evaluate temperature-

humidity conditions in free- stall barns. **Journal of Central European Agriculture**, v. 15, n. 2, p. 73–83, 2014.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 181–191, 2004.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO, J. H.; SILVA, S. L.; BALIEIRO, J. C. C. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal Biometeorology**, v. 54, p. 647–652, 2010.

MORETTI, R.; BIFFANI, S. CHESSA, S. BOZZI, R. Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. **Animal**. v. 11, p. 2320–2325. 2017.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. A. M.; REZENDE, C. P. A.; ABREU, L. R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: Histórico e características. **Revista PUBVET**, v. 11, n. 5, p. 433–442, 2017.

MUSCHNER-SIEMENS, T.; HOFFMANN, G.; AMMON, C.; AMON, T. Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. **Journal of Thermal Biology**. v. 88, 2020.

NFTALLIANCE, **Escore de Cocho, informativo bovinews**, Nutron Leiteiro janeiro. 2010. Disponível em: <<http://www.nftalliance.com.br/artigos/ebooks/escore-de-cocho-nova-ferramenta-utilizada-no-manejo-nutricional>>. Acesso em: 17 jun 2019 .

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. In: **Revised edition of nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. National Academy Press, Washington, DC, 2001.

OFNER-SCHRÖCK, E.; ZÄHNER, M.; HUBER, G.; GULDIMANN, K.; GUGGENBERGER, T.; GASTEINER, J. Compost Barns for Dairy Cows - Aspects of Animal Welfare. **Journal of Animal Sciences**, v. 5, p. 124–131, 2015.

OLIVEIRA, C. E. A.; DAMASCENO, P. F. P.; FERRAZ, J. A. C.; NASCIMENTO, G. A. S.; BARBARI, M. Geostatistics applied to evaluation of thermall conditions and noise in compost dairy barns with different ventilation systems. **Agronomy Research**, v. 17, n. 3, p.783–796, 2019.

OLIVEIRA, L. F. **Manual do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal-PNCEBT**. Instituto Mineiro de Agropecuária, 2008. Disponível em: <<http://www.ima20anos.ima.mg.gov.br/intranet/nova/gda/PNCEBT/Manual%20Brucelose%20e%20Tuberculose.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

OLIVEIRA, T. B. A. **Índices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira**, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000400006>. Acesso em: 09 mar 2019.

OUWELTJES, W.; SMOLDERS, G. On farm development of bed- ded pack dairy barns in the Netherlands. **Animal welfare and milk quality**. Report 708. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, the Netherlands. 2014.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Ambiência e qualidade de carne. In: JOSAHKIAN L.A. (ed.) **Anais do 5º Congresso das Raças Zebuínas, ABCZ**: Uberaba MG pp. 170–174, 2002.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; COSTA E SILVA, E. V. D. Aspectos básicos do comportamento social de bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 2, p. 172–176, 2007.

PARK, C.S.; LINDBERG, G.L. DUKES, **Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.670–690.

PEREIRA, M. R. P. **Avaliação do comportamento do bem-estar de vacas criadas em sistema compost barn em condições tropicais**. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinárias) Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2017.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/Evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p. 117–126, 2007.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L. D.; LIMA, K. A. O. D.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p.1492–1498, 2009.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; LIMA, K. A. O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 663–671, 2006.

PILATTI, J. A. **O comportamento diurno e bem-estar de vacas em sistema de confinamento compost barn**. 2017. 150 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C. Environment, behavior and welfare aspects of dairy cows reared in compost bedded pack barns system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 97–105, 2017.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C.; RANKRAPE, F.; VISMARA, E. S. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, p. 1–8, 2018.

PIRES, M. F. A.; VILELA, D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R. L. **Reflexos do estresse térmico no comportamento de vacas em lactação.** p. 68-102. Piracicaba: Silva I.J.O., *Ambiência na Produção de Leite*. FEALQ, Piracicaba, SP. 1998.

POTTERTON, S. L.; BELL, N. J.; WHAY, H. R.; BERY, E. A.; ATKINSON, O. C. D.; DEAN, R. S.; MAIN, D. C. J.; HUXLEY, J. N. A descriptive review of the peer and non-peer reviewed literature on the treatment and prevention of foot lameness in cattle published between 2000 and 2011. **The Veterinary Journal**, v. 193, p. 612–616, 2012.

PRELLE, I.; PHILLIPS, C. J. C.; PARANHOS DA COSTA, M. J.; VANDENBERGHE, N. C.; BROOM, D. M. Are cows that consistently enter the same side of a two-sided milking parlour more fearful of novel situations or more competitive? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 87, p. 193–203, 2004.

PRITCHARD, R. H.; STATELER., D. A. Grain processing: effects on mixing, prehension, and other characteristics of feeds. **Journal Animal Science**, n. 75, p. 880–884, 2003.

R Development Core Team 2019. A language and environment for statistical computing. Vienna. From: <<http://www.R-project.org>>.

RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema compost barn em regiões subtropicais brasileiras.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Chapecó – UDESC. 89 p. 2018.

RAQUEL, A. L. F. **Influência de fatores ambientais na distribuição não uniforme das vacas leiteiras nas instalações no mês de agosto.** Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Lisboa: UL. - FMV. 79 p. 2015.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.; HOOGENBOOM, G. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 9, p. 2120–2125, 2000.

REECE, W .O. Respiração nos mamíferos. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 12ª edição, cap.7, p. 897-908, 2006.

REECE, W. O. Overview of the respiratory system. In: ____. **Dukes' physiology of domestic animals.** 13ª edition. New York: Comstock Pub, 2015. cap. 21, p. 149–154.

ROBINSON, E. Termorregulação. In: **Cunningham JG (ed) Tratado de fisiologia veterinária.** Guanabara Koogan S.A, Rio de Janeiro, 2 ed, p. 550–561, 2004.

SÁROVÁ, R.; SPINKA, M.; STEHULOVÁ, I.; CEACERO, F.; SIMECKOVA, M.; KOTRBA, R. Pay respect to the elders: age, more than body mass, determines dominance in female beef cattle. **Animal Behaviour**, v. 86, p. 1315–1323, 2013.

SCHREINER, D. A., RUEGG, P. L. Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. **Journal of Dairy Science**. v. 85, p. 2513–2521, 2002.

SEXSON, J. L.; WAGNER, J. J.; ENGLE, T. E.; EICKHOFF, J. Predicting water intake by yearling feedlot steers. **Journal Animal Science**. v. 90, p. 1920–1928, 2012.

SHANE, E. M.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n.3, p. 465–473, 2010.

SHANE, E. M.; ENDRES, M. I.; JOHNSON, D. G.; RENEAU, J. K. Bedding options for an alternative housing system for dairy cows: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n.4, p. 659–666, 2010.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants . Livest Prod Sci domestic ruminants. **Livestock production science**, v. 67, n. October, p. 1–18, 2000.

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

SOARES, A. A. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compot barn*: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

SOLANO, L.; BARKERMA, H. W.. PAJOR, E. A.; MASON, S.; LEBLANC, S. J.; NASH, G. R.; HALEY, D. B.; PELLERIN, D. RUSHEN, J.; PASSILÉ, A. M.; VASSEUR, E.; ORSEL, K. Associations between lying behavior and lameness in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. **Journal Dairy Science**. v. 99, p. 1–16. 2016.

SORIANI, N. PANELLA, G. CALAMARI, L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. **Journal Dairy Science**. v. 96, p. 5082–5094. 2013.

STONE, A. E.; JONES, B. W.; BECKER, C. A.; BEWLEY, J. M. Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. **Journal of Dairy Science**. v. 100, p. 2395–2403. 2017.

SPAIN, J.N., SPIERS, D. E.; SNYDER, B. L. The effects of strategically cooling dairy cows on milk production. **Journal of Animal Sciences**, v. 76, n. Suppl. 1, p. 103, 1998.

SPRECHER , D.J.; HOSTETLER D.E; KANEENE, J. B. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. **Theriogenology**, v. 47, p. 1179–1167, 1997.

TUCKER, C. B.; WEARY, D. M.; FRASER, F. Free-stall dimensions: Effects on

preference and stall usage. **Journal Dairy Science**. v.87, p. 1208– 1216. 2004.

TUCKER, C. B.; WEARY, M. A.G.; von KEYSERLINGK; BEAUCHEMIN, K. A. Cow comfort in tie-stalls: Increased depth of shavings or straw bedding increases lying time. **Journal Dairy Science**. v. 92, p. 2684–2690. 2009.

THOM, E. **The discomfort index**. *Weatherwise*, v. 12, n. 1, p. 57–60, 1959.

VASCONCELOS, J. Manejo alimentar eficiente para bovinos confinados. In: Simpósio Internacional de Nutrição de Ruminantes, 3, 2011, **Anais...** Botucatu. Nutrição de Ruminantes. Botucatu: p.1-11, 2011.

VASCONCELOS, J., L., M; COOKEB, R. F.; JARDINAA, D. T. G.; ARAGONC, F. L.; VERASC, M. B.; SORIANOD, S.; SOBREIRAD,N.; SCARPA, A. B. Associations among milk production and rectal temperature on pregnancy maintenance in lactating recipient dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 127, n. 3–4, p. 140–147, 2011.

WARD, W. R.; HUGHES, J. W.; FAULL, W. B.; CRIPPS, P. Observational Study of Temperature, Moisture, Ph and Bacteria in Straw Bedding, and Faecal Consistency, Cleanliness and Mastitis in Cows in Four Dairy Herds. **Veterinary Record**, v. 151, p. 199–206, 2002.

WEBSTER, A. J. F. Farm animal welfare: The five freedoms and the free market. **The Veterinary Journal**, v. 161, p. 229–237, 2001.

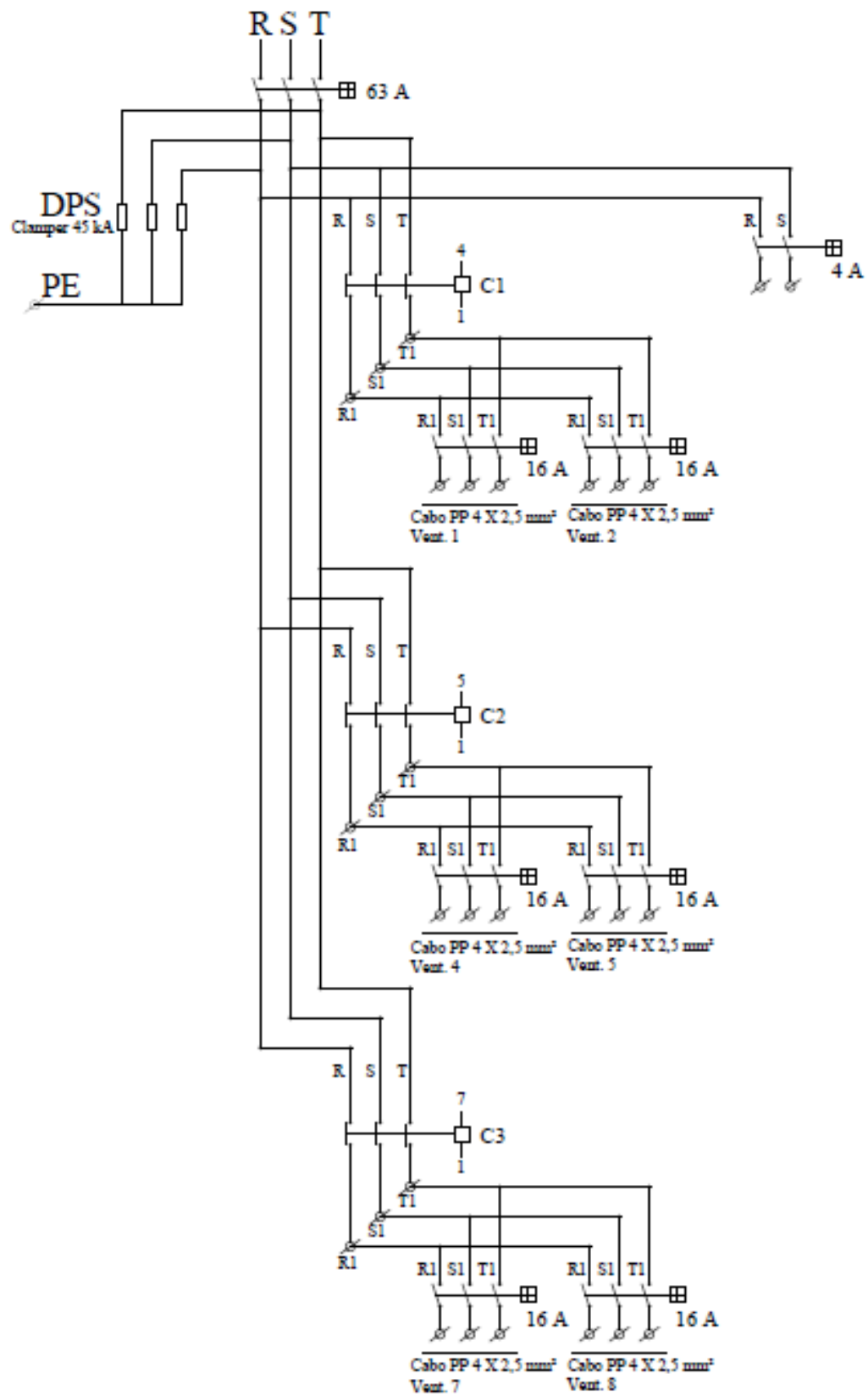
WEERD, H. V. D. Biography: Bringing the issue of animal welfare to the public: A biography of Ruth Harrison (1920–2000). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 113, p.404–410, 2008.

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

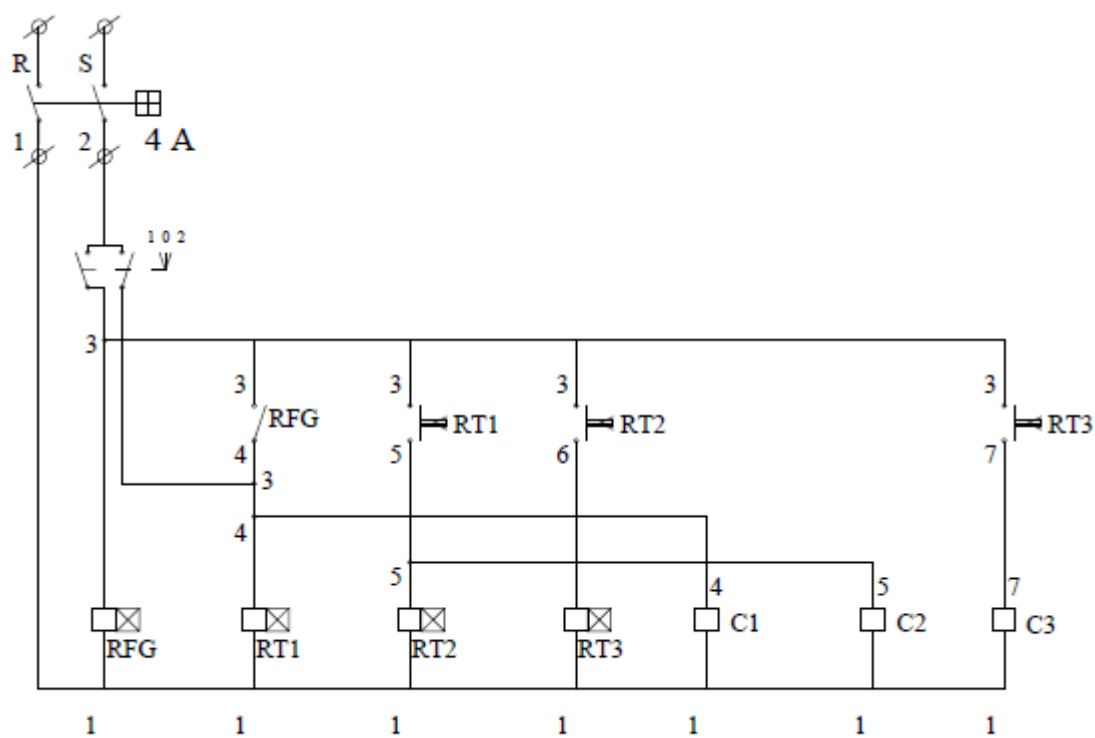
ZANIN, E.; FREGONESI, J. A.; MANGILLI, L. G. Comportamento e bem-estar de vacas leiteiras submetidas à secagem: Revisão. **PUBVET**, v. 10, p. 356-447, 2016.

ZIMBELMAN, R. B.; RHOADS, R. P.; RHOADS, M. L.; DUFF, G. C.;BAUMGARD, L. H.;COLLIER, R. J. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. **Department of Animal Sciences The University of Arizona**, p. 158–169, 2009.

APÊNDICE A – Quadro de potência do painel elétrico do sistema de ventilação.



APÊNDICE B – Comando Full Gauge do painel elétrico.



LEGENDA	
<input type="checkbox"/> C1	CONTADOR DE ACIONAMENTO GRUPO DE VENTILADORES 1
<input type="checkbox"/> C2	CONTADOR DE ACIONAMENTO GRUPO DE VENTILADORES 2
<input type="checkbox"/> C3	CONTADOR DE ACIONAMENTO GRUPO DE VENTILADORES 3
<input type="checkbox"/> RT1	RELÉ TEMPORIZADOR 1
<input type="checkbox"/> RT2	RELÉ TEMPORIZADOR 2
<input type="checkbox"/> RT3	RELÉ TEMPORIZADOR 3
<input type="checkbox"/> RFG	RELÉ FULL GAUGE

APÊNDICE C – Planilha de avaliação das variáveis de comportamento animal.

APÊNDICE D – Planilha de avaliação das variáveis de comportamento animal.

PLANILHA DO AMBIENTE								
PONTOS: P1 E P2 (INICIO LOTE 1 - DL 1 e DL 2) , PONTO 3 (CENTRAL SENSOR - DL 3) , P4 E P5 (FIM DO LOTE 1 - DL 4 E DL 5)								
DATA:		OBSERVADOR:			PROGRAMA DE VENTILAÇÃO:			
HORA	PONTOS	VARIÁVEIS INTERNAS			CAMA		VARIÁVEIS EXTERNAS	
		V/V	LIG	DES	º C INT	º C SUP	HORA	V/V
	PONTO 1							
	PONTO 2							
	PONTO 3							
	PONTO 4							
	PONTO 5							
	PONTO 1							
	PONTO 2							
	PONTO 3							
	PONTO 4							
	PONTO 5							
	PONTO 1							
	PONTO 2							
	PONTO 3							
	PONTO 4							
	PONTO 5							
	PONTO 1							
	PONTO 2							
	PONTO 3							
	PONTO 4							
	PONTO 5							

APÊNDICE E – Planilha de avaliação das variáveis bem-estar animal.

PLANILHA DO BEM-ESTAR				
OBSERVADOR:				
PROGRAMA DE VENTILAÇÃO:				DATA:
N - Prop.	ID Exper.	HORA:	ESCORE DE HIGIENE	ESCORE DE CLAUDICAÇÃO
ARIEL	LARANJA			
AURORA	VERDE CLARO			
BELINDA	VERDE ESCURO			
CLARA	AZUL ESCURO			
FLORINDA	AZUL CLARO			
LORENA	VERMELHO			
LUPITA	ROSA			
MARISSOL	AMARELO			
MEDUZA	ROXO			
PEPITA	PRATA			
BONECA	VERDE ESC+BRANCO			
GEMA	AMARELO+BRANCO			
MORANGUINH	BRANCO+BRANCO			
LINDINHA	ROXO+BRANCO			
MOCINHA	ROSA+BRANCO			
PIETRA	AZUL CL+BRANCO			
BEBEL	VERDE CL+BRANCO			
CIGANA	VERMELHO+BRANCO			
SAVANA	AZUL ESC+BRANCO			
MADONA	LARANKA+BRANCO			
ARIEL	LARANJA			
AURORA	VERDE CLARO			
BELINDA	VERDE ESCURO			
CLARA	AZUL ESCURO			
FLORINDA	AZUL CLARO			
LORENA	VERMELHO			
LUPITA	ROSA			
MARISSOL	AMARELO			
MEDUZA	ROXO			
PEPITA	PRATA			
BONECA	VERDE ESC+BRANCO			
GEMA	AMARELO+BRANCO			
MORANGUINH	BRANCO+BRANCO			
LINDINHA	ROXO+BRANCO			
MOCINHA	ROSA+BRANCO			
PIETRA	AZUL CL+BRANCO			
BEBEL	VERDE CL+BRANCO			
CIGANA	VERMELHO+BRANCO			
SAVANA	AZUL ESC+BRANCO			
MADONA	LARANKA+BRANCO			

ESCORE DE HIGIENE

- 1: SEM SUJEIRA
- 2: LEVEMENTE SUJA
- 3: SUJA
- 4: MUITO SUJA

ESCORE DE CLAUDICAÇÃO

- 1: NORMAL
- 2: DORSO ARQUEADO QUANDO CAMINHA, APOIO NORMAL
- 3: DORSO ARQUEADO QUALQUER POSIÇÃO, PASSOS CURTOS
- 4: DORSO ARQUEADO QUALQUER POSIÇÃO, PROTEGE UMA PATA
- 5: SEVERAMENTE MANCA, NÃO APOIA A PATA

APÊNDICE F – Planilha de avaliação das variáveis de termorregulação e escore de cocho.

PLANILHA DE TERMORREGULAÇÃO										
OBSERVADOR:										
PROGRAMA DE VENTILAÇÃO:									DATA	
Hora	CAMA	N - Prop.	ID Exper.	TEMPERATURA SUPERFICIAL - ESQUERDO					FR	Esc Cocho
	S OU N			CABEÇA	PESCOÇO	FLANCO	BARRIGA	UBERE		
		ARIEL	LARANJA							
		AURORA	VERDE CLARO							
		BELINDA	VERDE ESCURO							
		CLARA	AZUL ESCURO							
		FLORINDA	AZUL CLARO							
		LORENA	VERMELHO							
		LUPITA	ROSA							
		MARISSOL	AMARELO							
		MEDUZA	ROXO							
		PEPITA	PRATA							
		ARIEL	LARANJA							
		AURORA	VERDE CLARO							
		BELINDA	VERDE ESCURO							
		CLARA	AZUL ESCURO							
		FLORINDA	AZUL CLARO							
		LORENA	VERMELHO							
		LUPITA	ROSA							
		MARISSOL	AMARELO							
		MEDUZA	ROXO							
		PEPITA	PRATA							
		ARIEL	LARANJA							
		AURORA	VERDE CLARO							
		BELINDA	VERDE ESCURO							
		CLARA	AZUL ESCURO							
		FLORINDA	AZUL CLARO							
		LORENA	VERMELHO							
		LUPITA	ROSA							
		MARISSOL	AMARELO							
		MEDUZA	ROXO							
		PEPITA	PRATA							