

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

ALLESSANDRO AUGUSTO SOARES

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO MICROCLIMA EM SISTEMA
COMPOST BARN: INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA CAMA,
TERMORREGULAÇÃO E COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS**

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2018

ALLESSANDRO AUGUSTO SOARES

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO MICROCLIMA EM SISTEMA
COMPOST BARN: INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA CAMA,
TERMORREGULAÇÃO E COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Ambiência em bem-estar animal.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa
Vieira

DOIS VIZINHOS

2018

S676v Soares, Allessandro Augusto.

Variabilidade espacial do microclima em sistema compost barn: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras. / Allessandro Augusto Soares – Dois Vizinhos, 2019.

82 f.:il.

Orientador: Profº Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira .

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dois Vizinhos, 2019.

Bibliografia p.65-75.

Ficha catalográfica elaborada por Keli Rodrigues do Amaral Benin CRB: 9/1559

Biblioteca da UTFPR - Dois Vizinhos



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 114

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO MICROCLIMA EM SISTEMA COMPOST BARN:
EFEITO NA UMIDADE DA CAMA, TERMORREGULAÇÃO E COMPORTAMENTO
DE VACAS LEITEIRAS**

Allessandro Augusto Soares

Dissertação apresentada às nove horas do dia primeiro de março de dois mil e dezenove, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Banca examinadora:

Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira
UTFPR - DV

Dra. Angélica Signor Mendes
UTFPR - DV

Dr. Iran José Oliveira da Silva
USP/ESALQ
(Vídeo Conferência)

Coordenador do PPGZO
Assinatura e carimbo

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

*Aos meus familiares e a minha amiga Antónia, vocês foram o motivo de minha
persistência e sucesso!*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me abençoar e sempre colocar pessoas espetaculares em minha vida.

À meus familiares por sempre acreditarem em mim e me estimularem a ir mais adiante, em especial a minha mãe, razão de ser tudo que sou.

Em nome das professoras Josilene Rejane e Diana Gomes agradeço a meus professores do ensino infantil e ensino fundamental por terem sido a base de minha caminhada.

Agradeço a minha ex-professora, a Zootecnista Marta Xavier de Carvalho Correia, fonte de inspiração e estimuladora de minha jornada na Zootecnia. A senhora, minha eterna gratidão por ter me apresentado essa fantástica profissão.

Sou grato a Cilene e Severino Soares por terem me recebido em sua residência no início de minha jornada na Zootecnia.

Gratidão a minha tia (prima) Cristina Tavares pelo carinho, cuidado, preocupação e receptividade de sempre.

À minha inestimável amiga e mulher de coração enorme Antonia Ferreira, pelo apoio, cuidado, estímulo e pelos incontáveis incentivos à minha formação.

Aos proprietários do *compost barn*, o Senhor Adelan Zorzi e a Senhora Elenita Zorzi, por nos terem dado a oportunidade de ter realizado essa pesquisa em sua propriedade e pela amizade construída.

Ao meu orientador Frederico Márcio Corrêa Vieira, pelos desafios, ensinamentos e inestimável contribuição para meu crescimento pessoal e profissional.

Gratidão ao professor Dr. Edgar de Souza Vismara, pelos ensinamentos, paciência, conselhos e contribuição incalculável no planejamento e realização das análises estatísticas desta pesquisa.

Agradecimento especial a minhas amigas Tainara Lambertes e Aline Zambiasi pela amizade e parceria que foi essencial para o sucesso dessa pesquisa.

Agradecimento especial também a Patricia Franzosi, Ariane Enara, Laura Zorzi, Welligton Felipe, Jaine Souza e Vinicius Bronze por terem se voluntariado e contribuído de forma exemplar e insubstituível.

Ao programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ter me proporcionado condições de crescimento profissional.

À CAPES, pela concessão do auxílio financeiro.

Pode-se facilmente compreender uma criança que tenha medo de escuro. A verdadeira tragédia da vida é quando homens e mulheres adultos tem medo da luz

Platão

RESUMO

SOARES, Alessandro Augusto. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn*: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras.** 2019. 80p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

Objetivou-se através dessa pesquisa, verificar se a variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn* possui influência na termorregulação e comportamento de vacas leiteiras e na qualidade da cama. O experimento foi realizado entre outubro de 2017 e fevereiro de 2018, com avaliações realizadas preferencialmente aos fins de semana, em propriedade particular localizada no interior do município de Dois Vizinhos - Paraná. Foram utilizadas 18 vacas da raça holandesa x Jersey às quais foram divididas em dois tratamentos de acordo com a ordem de lactação. O primeiro tratamento foi constituído por vacas primíparas e o segundo por vacas múltíparas. Foram realizadas avaliações referentes a termorregulação através da frequência respiratória e temperatura superficial; avaliações microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento) e; temperatura e umidade da cama, para avaliação da variabilidade espacial dessas variáveis, avaliações microclimáticas para realizações dos índices de conforto térmico e avaliações comportamentais. Os dados referentes a variabilidade espacial foram analisados através da geoestatística e os dados referentes aos índices de conforto térmico, termorregulação e comportamento foram analisados através da inferência bayesiana. O ambiente térmico do microclima do *compost barn* apresentou dependência espacial para todas variáveis analisadas. Os índices de conforto térmico apontam que o *compost barn* forneceu condições para que os animais se mantivessem em conforto térmico, o que foi confirmado pela frequência respiratória e temperatura da superfície do pelame dos animais. Embora os índices de conforto e as respostas fisiológicas indicassem conforto térmico, os comportamentos das vacas foram moldados pelo ambiente térmico e estrutura social, com diferença entre tratamentos para o comportamento comer, ingerir água, andar e de ócio deitado. Os resultados encontrados nessa pesquisa apontam que o *compost barn* é um sistema capaz de fornecer condições de conforto térmico para vacas leiteiras. Contudo, é necessário um sistema de ventilação bem dimensionado em toda área da instalação para que a movimentação da massa de ar refresque os animais e auxilie na remoção da umidade da cama.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Etologia Animal. Geoestatística

ABSTRACT

The objective of this research was to verify if the spatial variability of the microclimate in the compost barn system has influence on the thermoregulation and behavior of dairy cows and on bed quality. The experiment was carried out between October 2017 and February 2018, with evaluations performed preferably at weekends, in private property located in the interior of the municipality of Dois Vizinhos - Paraná. We used 18 cows of the Dutch breed x Jersey which were divided into two treatments according to the order of lactation. The first treatment consisted of primiparous cows and the second was multiparous cows. Evaluations were made regarding thermoregulation through respiratory rate and surface temperature; microclimatic assessments (air temperature, relative air humidity and wind speed) and; temperature and humidity of the bed, to evaluate the spatial variability of these variables, microclimatic evaluations for thermal comfort indices and behavioral evaluations. The data regarding spatial variability were analyzed through geostatistics and the data referring to the indices of thermal comfort, thermoregulation and behavior were analyzed through Bayesian inference. The thermal environment of the microclimate of compost barn presented spatial dependence for all analyzed variables. Thermal comfort indexes indicated that compost barn provided conditions for the animals to remain in thermal comfort, which was confirmed by the respiratory rate and surface temperature of the animals' fur. Although comfort indexes and physiological responses indicated thermal comfort, cow behaviors were shaped by the thermal environment and social structure, with differences between treatments for eating behavior, water intake, gait and rest leisure. The results found in this research indicate that compost barn is a system capable of providing thermal comfort conditions for dairy cows. However, a well-sized ventilation system is required throughout the installation area so that the movement of the air mass refreshes the animals and helps to remove the moisture from the bed.

KEYWORDS: Thermal comfort. Animal Ethology. Geostatistics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Galpão <i>compost barn</i>	28
Figura 2 - Croqui ilustrativo do galpão <i>compost barn</i> e anexos.....	29
Figura 3 – Manejo de revolvimento da cama no sistema <i>compost barn</i>	29
Figura 4 – Vacas primíparas e multíparas utilizadas no experimento	30
Figura 5 – Observação e registro de comportamento	32
Figura 6 – Aferição da velocidade do vento	34
Figura 7 – Pontos de medida para aferição da temperatura média superficial.....	36
Figura 8 – Imagem da câmera termográfica infravermelha.....	37
Figura 9 – Marcação dos pontos de aferição.....	37
Figura 10 – Equipamentos utilizados para aferir os atributos referentes a variabilidade espacial	38
Figura 11 – Temperatura do ar entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c).....	42
Figura 12 – Umidade relativa do ar entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c).....	43
Figura 13 – Velocidade do vento entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c).....	44
Figura 14 – Temperatura da cama entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c).....	47
Figura 15 – Umidade da cama entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c).....	48
Figura 16 – Valores de índice de temperatura de globo negro e umidade – ITGU (a), índice de temperatura e umidade – ITU (b), entalpia específica (c) e carga térmica radiante no decorrer das horas do dia	49
Figura 17 – Temperatura superficial de vacas primíparas e multíparas mantidas em <i>compost barn</i>	52
Figura 18 – Frequência respiratória de vacas primíparas e multíparas mantidas em <i>compost barn</i>	53
Figura 19 – Probabilidade de comer de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema <i>compost barn</i>	55
Figura 20 – Probabilidade de Ingerir água de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema <i>compost barn</i>	56
Figura 21 – Probabilidade de andar de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema <i>compost barn</i>	58
Figura 22 – Probabilidade de ócio em pé (a) e ócio deitado (b) de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema <i>compost barn</i>	60

Figura 23 – Probabilidade de ruminar em pé (a) e ruminar deitado (b) de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema compost barn	62
Figura 24 – Probabilidade de ofego de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema compost barn.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes utilizados na dieta	29
Tabela 2 – Comportamentos analisados	32
Tabela 3 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento ($m\ s^{-1}$).....	41
Tabela 4 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura (°C) e umidade da cama ($m^3\ m^{-3}$)	45
Tabela 5 - Valores máximos, mínimos e primeiro e terceiro quartil para a temperatura (°C) e umidade da cama ($m^3\ m^{-3}$)	46
Tabela 6 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de andar de vacas primíparas e multíparas ...	51
Tabela 7 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de andar de vacas primíparas e multíparas ...	52
Tabela 8 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de comer de vacas primíparas e multíparas ..	54
Tabela 9 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ingerir água de vacas primíparas e multíparas	56
Tabela 10 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de andar de vacas primíparas e multíparas	57
Tabela 11 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ócio em pé e ócio deitado de vacas primíparas e multíparas	58
Tabela 12 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ruminando em pé de vacas primíparas e multíparas	61
Tabela 13 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ofegar de vacas primíparas e multíparas	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.3	Objetivos.....	16
	Geral	16
	Específico	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Ambiência e termorregulação de vacas leiteiras	17
2.1.1	Ambiência.....	17
2.1.2	Termorregulação.....	18
2.2	Bem-estar animal.....	20
2.2.1	Histórico	20
2.2.2	Definição	21
2.2.3	Bem-estar e o mercado consumidor	22
2.3	<i>Compost Barn</i>	23
2.3	Geoestatística.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1	Animais do experimento.....	30
3.2	Aferição dos dados	31
3.2.3	Avaliações comportamentais.....	31
3.2.2	Variáveis microclimáticas e índices de conforto térmico.....	33
3.2.3	Avaliação da termorregulação	35
	3.2.3.1 Frequência respiratória	36
	3.2.3.1 Temperatura superficial.....	36
3.3	Variabilidade espacial do ambiente térmico.....	37
3.3	Análise Estatística	39
	3.3.1 Variabilidade espacial.....	39
	3.3.2 Índices de conforto térmico, Termorregulação e comportamento.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	VARIABILIDADE ESPACIAL	40
4.1.1	Variáveis térmicas do galpão.....	40
4.3.1	Temperatura média superficial	51

Através da tabela 5 é possível verificar que não houve diferença ($P>0,05$) entre a temperatura superficial dos tratamentos ao decorrer das horas do dia, assim como pode-se ver na figura 17 que não houve diferença ($P>0,05$) entre a temperatura superficial de primíparas e múltíparas. Os valores médios da temperatura média superficial ficaram

próximos a 31 °C, com valores mínimos próximos a 29 °C e máximos próximos a 33 °C.	51
4.4 COMPORTAMENTO.....	54
5 CONCLUSÃO.....	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICE A – Planilha de campo para avaliação de comportamento de vacas mantidas em compost barn	76
APÊNDICE B – Tabela e figura correspondente ao comportamento de afugentar	77
APÊNDICE C - Tabela e figura correspondente ao comportamento de lambar	78
APÊNDICE D - Tabela e figura correspondente ao comportamento de montar.....	79
APÊNDICE E - Tabela e figura correspondente ao comportamento de brincar com a cama	80
ANEXO A – Parecer de Aprovação de projeto da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA	81

1 INTRODUÇÃO

Para que os bovinos leiteiros possam expressar o seu máximo potencial genético, além de estarem bem nutridos, é preciso que estes sejam bem manejados e estejam inseridos em um ambiente que lhes permitam manter o equilíbrio térmico. Em regiões de climas tropical e subtropical, o ambiente térmico possui influência direta sobre a produtividade dos animais de produção. Desta forma, o conhecimento a respeito da dinâmica térmica dos elementos microclimáticos nos diferentes sistemas de produção pode auxiliar nas tomadas de decisão quanto ao manejo a ser adotado.

Dentre os sistemas de confinamento existentes para bovinos de leite, muitos produtores têm optado por confinarem seus animais em galpões do tipo *freestall* ou *compost barn*. Esses dois sistemas de criação são destinados a animais de alta produção, diferindo entre si por o *freestall* possuir cama de descanso individual e o *compost barn*, sistema de cama coletiva.

Devido ao menor custo inicial de instalações do tipo *compost barn*, quando comparado com o *freestall* (KLAAS et al., 2010; GALAMA et al., 2011) e por fornecer condições de conforto (ENDRES; JANNI, 2008), reduzir o estresse térmico (MILANI; SOUZA, 2010) e fornecer condições aos animais visando melhorar o bem-estar (BRITO, 2016), este sistema de criação tem sido alvo de investimento dos produtores de leite do Brasil. Contudo, por ser uma tecnologia importada de locais de clima temperado, em clima tropical ou subtropical, as variações microclimáticas podem afetar negativamente a termorregulação e comportamento dos animais e a compostagem da cama do sistema.

Temperaturas e umidades elevadas, aliadas à baixa velocidade do vento no interior das instalações reduz a capacidade de transferência de calor do animal, que por sua vez, aumenta o estresse térmico (TORRES JUNIOR et al., 2008) e provoca alteração fisiológicas (LUZ et al., 2016) e comportamentais (FUQUAY et al., 2011). As estratégias fisiológicas de enfrentamento ao estresse térmico incluem aumento da taxa de sudação, da frequência respiratória e ofego (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017). Como respostas comportamentais, além de reduzirem o consumo de matéria seca e aumentar a ingestão de água, os animais buscam locais mais confortáveis onde possam se refrescar (WEST, 2003).

Dessa forma, é sabido que quando permitido, os animais preferem se posicionar em locais em que a manutenção do equilíbrio térmico lhes custe menores

gastos energéticos (LEME et al., 2005; SILVA et al., 2009; RAQUEL, 2015). Isso evidencia que, possivelmente, dentro do galpão *compost barn* os animais ao se aglomerarem em locais mais confortáveis, irão fazer com que haja um acúmulo de fezes, urinas e compactação da cama neste local, que por sua vez poderá interferir na umidade, temperatura, pH e na relação carbono/nitrogênio do material em compostagem.

Vale salientar que os elementos como temperatura, umidade, pH e a relação carbono/nitrogênio são fundamentais para uma boa compostagem (EKINCI et al., 2006), e que a correta compostagem da cama é o princípio básico de funcionamento deste tipo de instalação, sendo ela dependente de microrganismos para decompor a matéria orgânica, produzir dióxido de carbono, água e calor (BEWLEY et al., 2012).

Embora existam evidências de que a organização das vacas e a correta compostagem da cama no interior do galpão *compost barn* sofra influência da variabilidade espacial do microclima (OLIVEIRA et al., 2016), as pesquisas que tratam dessa abordagem ainda são escassas. Com base nisso, a hipótese que embasou a presente pesquisa foi a de que a variabilidade espacial do microclima é alterada no decorrer das horas do dia em diferentes locais do sistema *compost barn*. Essa alteração faz com que as vacas procurem se posicionar nos locais mais termicamente confortáveis, provocando alterações na temperatura e umidade da cama nesses locais.

1.3 Objetivos

Geral

Averiguar se a variabilidade espacial do microclima e os índices os índices de conforto térmico do galpão *compost barn* possui influência na termorregulação, comportamento de vacas leiteiras e qualidade da cama.

Específico

- i. Investigar se o ambiente térmico do sistema *compost barn* possui variabilidade espacial em diferentes períodos do dia.
- ii. Analisar se o comportamento e a termorregulação de vacas leiteiras é influenciada pelo ambiente térmico em sistema *compost barn*;
- iii. Averiguar se há diferença nas respostas fisiológicas e comportamentais de enfrentamento ao estresse térmico entre primíparas e múltiparas;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiência e termorregulação de vacas leiteiras

2.1.1 Ambiência

O termo ambiência refere-se ao conjunto de elementos que interagem e influenciam no desenvolvimento dos animais e engloba elementos físicos, químicos, sociais, psicológicos que ao agir de forma individual ou conjunta pode gerar desequilíbrio à homeostase animal. As respostas dadas pelos animais no intuito de sustentar a homeostase frente às condições ambientais adversas, geralmente são adaptativas e baseadas em suas necessidades (DANTAS et al., 2012) em conjunto com a avaliação do ambiente, valendo-se de alterações comportamentais e fisiológicas dentro dos limites permitidos por seus genes (GONYOU, 1991).

Quando o meio não oferece recursos necessários para a adaptação, os animais entram em estado de estresse (BROOM; JOHNSON, 1993), deixando de lado as funções secundárias à sua sobrevivência, como desempenho produtivo, reprodutivo (MATARAZZO et al., 2007) e o bem-estar (CASTANHEIRA, 2009). Desta forma, com o intuito de melhorar o bem-estar e as condições de conforto em função da influência dos parâmetros climáticos, é de fundamental importância que o conforto térmico e a ambiência sejam tratados de igual forma (JÚNIOR, 2016) no momento do planejamento das instalações.

Instalações inadequadas, altas temperaturas aliadas a elevada umidade relativa do ar (ALMEIDA et al, 2016) ou altas temperaturas aliadas a umidade relativa do ar muito baixa se constituem fatores limitantes para o máximo produtivo dos animais em regiões tropicais. Tal limitação se dá pela ação desses elementos climáticos que podem causar estresse térmico, afetando a produção de leite, a reprodução e causando prejuízos econômicos a atividade pecuária (PEREIRA, 2005).

Os bovinos, assim como os demais animais homeotérmicos, utilizam-se de mecanismos metabólicos, comportamentais e fisiológicos para manterem a temperatura interna relativamente constante, independente da temperatura externa, sendo que grandes alterações na temperatura ambiente podem causar alterações na temperatura interna (BAÊTA; SOUZA, 2010; MOURA et al., 2010). A esse conjunto de estratégias utilizadas pelos animais para regulação da temperatura corpórea, dá-se o nome de termorregulação.

2.1.2 Termorregulação

A termorregulação é controlada por um sistema de controle fisiológico que consiste em termorreceptores centrais e periféricos que ao receberem estímulos do ambiente externo os encaminham através de neurônios aferentes para a central de controle de integração de impulsos nervosos (o hipotálamo) onde as decisões são tomadas e posteriormente transmitidas através do sistema eferente (SESSLER, 1994; BAÊTA; SOUZA, 2010).

Quando os animais se encontram em ambiente termoneutro, os custos fisiológicos para se manter em conforto térmico são mínimos, e estes não precisam despende esforços para perder (termogênese) ou produzir calor (termólise) (FAÇANHA et al, 2016), produzindo de acordo com seu potencial genético (LINHARES et al., 2015). Em ambiente termoneutro, os animais perdem calor por condução, radiação e convecção (BERTONCCELLI et al., 2013).

A zona de termoneutralidade é delimitada pela temperatura crítica superior e inferior e ao ultrapassar esses limites, os animais se esforçam para manter a homeotermia, podendo entrar em estado de estresse (SEJIAN et al., 2013). Para bovinos da raça holandesa em lactação os limites da temperatura crítica inferior e superior encontra-se entre 5 e 21 °C (LINHARES et al., 2015), e para os cruzados (Holandês-Zebu) entre 5 e 24 °C, sendo que seu limite crítico superior pode variar entre 24 e 27 °C (AZEVEDO et al., 2005).

A ação conjunta ou individual dos elementos climáticos como radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar podem fazer com que a temperatura efetiva do ambiente esteja acima do limite crítico superior da zona termoneutra (SEJIAN et al., 2013; CATTELAM; VALE, 2013) causando estresse térmico, sendo esse um dos principais limitantes da produtividade dos animais.

O estresse térmico é causado pela tentativa de adaptação aos efeitos de um ambiente com altas temperaturas, que atuando junto a outras variáveis ambientais causam alterações fisiológicas (LUZ et al., 2016) e comportamentais que podem ser utilizadas para avaliar a resistência do animal aos rigores do estresse (FAÇANHA et al., 2016).

Por vezes, mesmo em estresse térmico, alguns animais não apresentam alterações fisiológicas de fácil identificação, sendo as mudanças comportamentais as únicas indicações visíveis de que o estresse está presente (SILVA et al., 2013). Como

respostas comportamentais, os animais reduzem o consumo de matéria seca, aumentam a ingestão de água, buscam locais sombreados, lâminas de água ou superfícies onde possam se refrescar, evitam montar as companheiras quando em cio e buscam manter os membros estendidos a fim de aumentar a superfície de troca de calor (WEST, 2003). Essas alterações causam redução da produtividade, alteração na composição do leite e decréscimo de índices reprodutivos (NÓBREGA et al., 2011; BERMAN, 2011).

Fisiologicamente a capacidade do animal de resistir às condições de estresse calórico pode ser aferida por meio da temperatura retal, frequência respiratória (PERISSINOTTO; MOURA, 2007), sudorese, vasodilatação (TERRIEN et al., 2011), e frequência cardíaca (AVILA et al., 2013). A temperatura superficial (SCHAEFER et al., 2012) e a frequência respiratória quando usadas para avaliar o conforto térmico dos animais, tem a vantagem de não interferirem nas variáveis comportamentais, pois estas podem ser avaliadas a uma certa distância e sem necessidade de contenção. O uso da câmera termográfica infravermelha, para registro de temperatura superficial, pode ser usada para alcançar esse objetivo (LEÃO et al., 2015).

A superfície corporal junto com os tecidos respiratórios e pulmonares são, respectivamente, as principais linhas de fronteira entre o animal e o ambiente (SILVA, 2012) sendo a temperatura de superfície corporal o resultado da diferença entre a energia que é recebida e aquela que é dissipada (NÓBREGA et al., 2011; ALVES, 2014) e é dependente principalmente da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, evaporação do suor (DANTAS et al., 2012), fluxo sanguíneo e taxa metabólica dos tecidos subcutâneos (NIKKHAH et al., 2005).

Ao estarem em estresse térmico, o aumento da frequência respiratória é o primeiro sinal visível de que os mecanismos fisiológicos foram acionados para promover a perda de calor (VILELA et al., 2013). A taxa de respiração considerada dentro dos limites fisiológicos normais para os bovinos está entre 24 e 36 movimentos por minuto (mov. min.⁻¹) (CURTIS, 1983; STÖBER, 1993; FERREIRA et al., 2006), sendo que valores superiores a 60 mov.min⁻¹ já constituem um indicativo de estresse por calor (AZEVEDO et al., 2005), superiores a 120 mov. min.⁻¹ indica calor excessivo e superiores a 160 mov. min.⁻¹ indica que medidas emergenciais devem ser tomadas para resfriar os animais (HAHN; PARKHURST; GAUGHAN, 1997).

2.2 Bem-estar animal

2.2.1 Histórico

O bem-estar dos animais de produção tem ocupado lugar de destaque na agenda de políticas sociais de muitos países. Porém, embora as cobranças tenham se intensificado nos últimos anos, não é de hoje que a sociedade tem pressionado os pecuaristas e o poder público por medidas que visem proteger os animais dos maus tratos.

Nos últimos anos os maus tratos a que os animais são submetidos passou a fazer parte da agenda internacional de denúncias de ativistas dos direitos dos animais e de ONGs (HÖTZEL; MACHADO FILHO, 2004), cujas preocupações científicas no que diz respeito ao bem-estar animal surgiram em 1964, quando a jornalista inglesa Ruth Harrison publicou o livro “Máquinas Animais” (Animal Machines). No Livro, Ruth Harrison denunciou que a indústria da produção animal tratava os animais como meras máquinas a serviço de seus proprietários e não como seres vivos (BROOM, 2011).

O livro publicado por Ruth Harrison fez com que a sociedade inglesa pressionasse o governo inglês a, em 1965, nomear Roger Brambel para chefiar uma comissão que viesse a dar um parecer técnico a respeito do assunto(HÖTZEL; FILHO, 2004). Os trabalhos da comissão deram origem ao chamado relatório de Brambel, o qual foi preponderante para a criação, em 1967, da Farm Animal Welfare Advisory Committee – FAWAC (Comissão de Bem-estar de Animais de Produção) (TSEIMAZIDES, 2016). No ano de 1979 essa comissão deu origem ao Conselho de Bem-estar dos Animais de Produção, que passa a ser internacionalmente conhecido em 1993 ao publicar a Declaração Universal de Bem-estar Animal, onde constam as “Cinco Liberdades” (PAIXÃO, 2005).

Por muitos anos as cinco liberdades passaram a ser referência para a construção de programas e práticas que visem o bem-estar animal, até que em 2004 a união europeia criou o projeto *Welfare Quality*, o qual contém 4 princípios subdivididos em 12 critérios para se avaliar o bem-estar de aves, suínos e bovinos. Contudo, os conceitos e definições do que é o bem-estar animal sofre diferentes interpretações, as quais são determinadas por fatores econômicos, sociais, conceitos

morais e éticos que envolvem aspectos culturais, religiosos, científicos e a capacidade atribuída dos animais possuírem e registrarem sentimentos.

2.2.2 Definição

Nos dias atuais, o bem-estar tem sido definido com base na qualidade de vida do animal, e os conceitos mais aceitos englobam questões relacionados ao seu estado de saúde, de adaptação natural ao meio onde vivem e ao seu estado afetivo (ZANIN; FREGONESI; MANGUILLI, 2016).

A definição mais utilizada atualmente foi a dada por Broom em 1986, o qual define bem-estar como o estado do indivíduo em relação às suas tentativas de lidar com o meio. Outros cientistas da área relacionam o bem-estar com a capacidade dos animais enfrentarem as intempéries ambientais e se manterem produtivos (WEBSTER, 2001), aos sentimentos do animal (DUNCAN, 2005) e o de estado de saúde em que o animal se encontra e a sua longevidade (TANNEMBAUM, 1991; OLTENACU; BROOM, 2010).

A definição dada por Broom (1986) encontra similaridade com a definição dada pela Organização Mundial de Saúde Animal - OIE (2016) a qual define bem-estar animal como sendo o estado que o animal se encontra ao enfrentar as condições em que vive. Ainda segundo a OIE, o animal encontra-se em bem-estar quando livre de doenças, dores, angustias e está em local confortável e que lhe permita expressar o comportamento próprio da espécie.

Sendo assim, o bem-estar é algo que diz respeito exclusivamente ao animal e qualquer alteração no seu comportamento se constitui um bom indicador de bem-estar (GRANDIN; DEESING, 2014), sendo o bem-estar algo impossível de ser ofertado, cabendo ao homem apenas melhorar o que se oferece, não podendo o ofertado, em si, ser considerado bem-estar (BROOM; MOLENTO 2004)

Na criação de vacas leiteiras, a falta de bem-estar parece ser consequência da falta de conhecimento do comportamento da espécie e das características biológicas dos bovinos, o que tem acarretado falhas no design das instalações, de manejo e a manutenção dessas em ambientes estressantes.

2.2.3 Bem-estar e o mercado consumidor

Melhorias de manejo e no design das instalações e um bom sistema de refrigeração podem atender às necessidades biológicas e comportamentais de vacas leiteiras, evitar o estresse calórico e melhorar a vida dos animais e do homem. Essas melhorias podem ser usadas para mostrar ao mercado consumidor que determinados sistemas de criação são modernos, produtivos e alicerçados no bem-estar animal (ALLENLORF; WETTEMANN, 2015).

O mercado consumidor tem ficado cada dia mais exigente, cobrando não apenas por preços competitivos, mas também por condutas humanitárias no manejo diário dos animais em todas suas etapas produtivas (FREITAS; QUIRINO; BASTOS, 2017) e, no geral, tem sido as preocupações da sociedade que tem ditado os padrões aceitáveis de bem-estar (RUSHEN; BUTTERWORTH; SWANSON, 2011). Essa crescente mudança na conduta do consumidor certamente beneficiará àqueles produtores que tenham adotado boas práticas de manejo e bem-estar animal.

De acordo com Molento (2005), a medida que os consumidores tomam conhecimento do sofrimento imposto aos animais e tornam isso um fator relevante, o bem-estar passará a trazer benefícios econômicos a esses sistemas. BENNET et al. (2002), afirmam que consumidores com maiores interesses no bem-estar animal estão dispostos a pagar mais caro por produtos oriundos de sistemas de criação que levem essa temática em consideração.

A esse respeito, Queiroz et al. (2014) avaliaram a percepção dos consumidores de Fortaleza- CE sobre o bem-estar dos animais de produção e verificaram que esses estão dispostos a pagar maior valor por produtos certificados que garantam o bem-estar dos animais envolvidos. Em pesquisa similar, na cidade de Rio Verde - GO, Chaly et al. (2010) também encontrou interesse por parte dos consumidores em pagar mais caro por produtos oriundos de animais com melhor bem-estar. Dos entrevistados, 66,9% estavam dispostos a pagar mais caro e dentre esses, 59,5% pagariam até 3% a mais caro.

No Chile, 75% dos consumidores de maior poder aquisitivo estão dispostos a pagar maior valor por alimentos produzidos através de animais em melhor bem-estar (KÖBRICH et al., 2001). Consumidores espanhóis também se mostraram preocupados e dispostos a pagar mais por produtos oriundos de sistemas de criação que levem em consideração o bem-estar (MARÍA, 2006). Nesta direção, na Escócia,

os consumidores evitam comprar carnes produzidas em sistemas de criação em que os tratamentos dos animais podem afetar a qualidade da carne (SCHRÖEDER; McEACHERN, 2004).

Essa valorização por produtos oriundos de animais em situação de bem-estar, aliado a busca por sistemas de criação que possibilite aumento de produtividade, tem feito surgir sistemas de criação alternativos de confinamento, tais como o *compost barn*, que oferece condições de conforto aos animais e lucratividade ao produtor.

2.3 *Compost Barn*

Instalações de confinamento, quando mal planejadas, prejudicam a saúde e o bem-estar do gado leiteiro. Dessa forma, o planejamento de instalações para o gado leiteiro além de levar em consideração fatores econômicos e de funcionalidade deve também ser pautado na oferta de ambiente confortável, em condições que facilitem o manejo e permitam que os animais aumentem seu bem-estar.

As instalações do tipo *compost barn* possuem a vantagem de serem econômicas e confortáveis (WAGNER, 2002). Este sistema oferece área coletiva que possibilita o exercício, repouso, comportamento natural e a sociabilização das vacas, características que fazem do *compost barn* um sistema de criação promissor para produtores que queiram produzir de leite visando o bem-estar de seus animais (ENDRES; BARBERG, 2007; GALAMA et al., 2011).

O *compost barn* distingue-se dos demais sistemas de produção para bovinos de leite por possibilitar que os animais permaneçam soltos em uma grande área de cama (LESO et al., 2013) a qual é separada do corredor de alimentação por uma parede de 1,2 m (BLACK et al., 2014), para evitar acúmulo de umidade (SHANE et al., 2010) e para que os dejetos permaneçam por um período de 6 a 12 meses (JANNI et al., 2007).

O sucesso desse sistema de criação dependerá do sucesso da compostagem da cama a qual pode ser de maravalha ou outros materiais orgânicos com alto poder de absorção (BEWLEY et al., 2012). A cama deve ser revolvida duas vezes por dia, preferencialmente no momento da ordenha (ENDRES; JANNI, 2008), com o objetivo de incorporar o esterco e a urina, manter a superfície seca, descompactar e arejar a cama (JANNI et al., 2007).

Para uma compostagem correta a temperatura da cama deve estar entre 43 e 65 °C a uma profundidade de 15 – 31 cm e a umidade entre 40 e 60% (JANNI et al., 2006 ; BEWLEY et al., 2013). Temperaturas elevadas, entre 54 e 65 °C destroem patógenos, sementes de ervas daninhas e larvas de moscas (ECKELKAMP et al., 2016). Uma cama que esteja sofrendo uma boa compostagem, mantém sua superfície seca e confortável, e quando estiver úmida e começando a aderir às vacas, uma nova cama deverá ser adicionada (LESO et al., 2013) .

A cama quando não sofre boa compostagem pode comprometer todo o sistema, acarretando em aumento na contagem de células somáticas e mastite clínica (BEWLEY, 2012). Do contrário, quando a cama sofre boa compostagem, há aumento da qualidade do leite, com redução da quantidade de células somáticas e da incidência de mastite. Outros dois fatores que impactam significativamente no sucesso ou no fracasso do sistema *compost barn* é a taxa de lotação e a variabilidade microclimática no interior do galpão. O sistema não funcionará bem se as vacas estiverem em superlotação (OFNER-SCHRÖCK et al., 2015) e fora do conforto térmico.

A taxa de lotação recomenda varia entre 7,4 a 12,5 m² por vaca (JANNI et al., 2007; GALAMA et al., 2011). No geral, recomenda-se que a área mínima de descanso deve ser de 9,29 m² por vaca (BEWLEY, 2012) ou suficiente para que todas as vacas sejam capazes de se deitar ao mesmo tempo e sobre espaço suficiente para que possam caminhar no interior do galpão (JANNI et al., 2007). O tamanho da área de descanso, além de ser importante para o sucesso da compostagem, é também importante para manter os animais limpos e em estado de bem-estar (OFNER-SCHRÖCK et al, 2015).

De acordo com Endres (2009) a área mínima por animal é de 7,2 m² para vacas da raça holandesa e para vacas da raça jersey a área mínima é de 6,1 m². O aumento da densidade de animais levará a um aumento da temperatura do ar e ao aumento da deposição de fezes e urina que irá aumentar a umidade da cama, forçando o produtor a aumentar a sua frequência de reposição ou terá a atividade microbiana e a secagem da superfície da cama comprometida.

Sendo assim, o tamanho da área disponível por animal não deve ser negligenciado e no momento do planejamento, técnicos e produtores também devem levar em consideração as condições climáticas da região (PILATTI; VIEIRA, 2017). Ainda de acordo com os mesmos autores, em regiões de clima úmido deve-se ser

adotado um maior espaço de cama por animal, pois desta forma evitasse o acúmulo de umidade na mesma.

Para auxiliar na remoção do ar quente e da umidade da cama, recomenda-se o uso de um bom sistema de ventilação (ENDRESS; JANNI, 2008). De acordo com Rodavelli (2018), para atender as exigências dos animais e resfriar a superfície da cama, os sistemas de ventilação geralmente são dimensionados para fornecer velocidade do vento em torno de 3 m s^{-1} . O uso de um sistema de ventilação bem dimensionado contribui para o aumento do conforto térmico, aumenta a imunidade, melhorar a saúde das vacas e auxilia na secagem da superfície da cama (BEWLEY, 2012).

Desta forma, se bem gerido, o sistema *compost barn* traz retorno econômico, oferece condições para que os animais aumentem o bem-estar (BRUIJNIS et al., 2013; BARKEMA et al., 2015), melhora a saúde do úbere com redução da contagem de célula somática do leite (BARBERG et al., 2007; ENDRES; BARBERG, 2007) e evita problemas de casco (LOBECK et al., 2011). Contudo, o sucesso do empreendimento é também dependente de um bom sistema de controle microclimático, de modo a permitir condições de conforto aceitáveis em toda a área do sistema de criação, evitando-se a compactação excessiva e o acúmulo de dejetos em locais termicamente mais aceitáveis.

O manejo do microclima do interior das instalações para bovinos de leite tem sido uma prática amplamente utilizada, contudo o sistema de climatização utilizado pode não ser suficiente para atender todos os locais da instalação. Assim, para avaliar a distribuição dos elementos climáticos com maior precisão no interior das instalações, é necessário que se recorra a ferramentas estatísticas que levem em consideração o espaço adjacente.

2.3 Geoestatística

Dentre as ferramentas utilizadas para se avaliar a distribuição dos elementos microclimáticos em instalações zootécnicas, a geoestatística apresenta-se como uma ferramenta promissora. Ela é considerada como um importante conjunto de métodos estatísticos capaz de avaliar grupos de dados baseados na função aleatória por análise de dependência espacial (CARVALHO et al., 2012). Dessa forma, quando uma variável se distribui de forma não homogênea e se difere de um local para o outro

com certa continuidade, a geostatística possibilita uma visão espacial de grande importância para o planejamento e controle do ambiente de produção, possibilitando interpolação dos dados por meio da krigagem, tendo ainda a vantagem de fornecer mapas de isolinhas precisos (VIEIRA, 2000).

A geoestatística tem suas bases na teoria das variáveis regionalizadas, sendo assim, espera-se que valores de um atributo aferido em um determinado local esteja em concordância com sua distribuição espacial, apresentando valores mais similares quanto mais próximo no tempo e espaço for a aferição (POTRICH, 2012). Considerando que os elementos climáticos variam no tempo e espaço no interior das instalações zootécnicas, o uso da geoestatística pode ser utilizada para avaliar a variabilidade espacial desses elementos.

Quando a geoestatística é utilizada para avaliar o microclima, os dados geralmente são obtidos através de transeções onde os valores são aferidos em pontos distribuídos em espaçamento constante (GONÇALVES, 2015). Nesse caso, as coordenadas dos pontos devem ser conhecidas, o que possibilitará a obtenção da estrutura de variância (SILVA, 2011).

Em casos em que os pontos de aferição envolvem duas direções (x, y), o variograma é instrumento mais recomendado para se estimar a dependência entre as amostras (SILVA, 1998). O variograma é uma ferramenta básica de estimativa por meio da krigagem que permite representar quantitativamente a alteração no espaço de um fenômeno regionalizado (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001) e pode ser definido como “[...] a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância h [...]” (YAMAMOTO, 1991, p. 74).

Dessa forma, o grau de dependência no espaço de uma grandeza aferida e o domínio de cada amostragem são definidos por variogramas e métodos de interpolação como a krigagem (MANZIONE; RODRIGUES; ZIMBACK, 2002).

No intuito de avaliarem a variabilidade espacial do microclima de um galpão *freestall* convencional, Faria et al. (2008) aferiram os atributos microclimáticos – temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e luminosidade – em uma malha de 152 pontos espaçados entre si a cada 2 metros. Por meio dos resultados encontrados foi possível identificar áreas do galpão com diferentes variabilidades espaciais para os atributos avaliados. Foi verificado que o sistema de climatização não foi eficiente ao ponto de garantir a homogeneização do ambiente térmico,

existindo áreas do galpão onde os atributos avaliados estavam acima dos limites recomendados.

Com o objetivo de caracterizar a variabilidade espacial da temperatura do ar de uma sala de pré-ordenha, Silva et al. (2012) registraram a temperatura do ar em 45 pontos separados entre si a 1 metro, na forma de malha. O uso da geoestatística possibilitou que os autores verificassem áreas específicas onde a temperatura do ar estava fora dos limites recomendados para o conforto térmico.

Gonçalves, Turco e Ramos (2016) utilizaram a geoestatística para caracterizar a variabilidade espacial de um *freestall* localizado na região semiárida do nordeste do Brasil. Os autores constataram que havia áreas com diferentes variabilidades espaciais e que em alguns locais a temperatura do ar apresentou valores superiores aos níveis recomendados.

Oliveira et al. (2016) avaliaram a distribuição espacial do índice de temperatura e umidade (ITU) em três instalações do tipo *compost barn* com diferentes sistemas de ventilação: ventilação natural; ventilação mecânica de baixo volume e alta rotação (LVHS); e ventilação mecânica de alto volume e baixa rotação (HVLS). Os resultados encontrados demonstraram a ocorrência de forte dependência espacial para o ITU. Foi verificado que a instalação com ventilação natural apresentou os maiores valores de ITU em seu interior, enquanto os menores valores foram verificados nas extremidades. Para o *compost barn* com ventilação do tipo LVHS, a distribuição espacial apresentou os maiores valores do ITU nas extremidades da instalação. No que diz respeito a instalação com ventilação do tipo HVLS, houve pouca variação na distribuição dos valores do ITU.

Pelo exposto, a geoestatística apresenta-se como uma potente ferramenta de avaliação do ambiente térmico de instalações zootécnicas, podendo ser utilizada para verificar falhas na instalação dos equipamentos ou nos equipamentos de climatização em proporcionar um ambiente termicamente homogêneo e confortável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos, protocolo 2017-15, em reunião ocorrida em 09/08/2017, conforme Anexo A.

O experimento foi realizado entre outubro de 2017 e fevereiro de 2018, durante a primavera e o verão, em propriedade localizada na comunidade São Luiz do Chopim, na cidade de Dois Vizinhos – PR, entre as coordenadas: Latitude 25° 42' 31" e longitude 53° 03' 27" W, com altitude de 545m em relação ao nível do mar. Segundo a Classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cfa - subtropical úmido, com média de precipitação anual entre 2200 a 2500 mm, temperaturas no verão em torno de 22 °C e temperaturas entre -3 e 18 °C no inverno (ALVARES et al., 2013).

O *compost barn* foi construído no mês de maio de 2017, na orientação norte/sul e possui 24,4 m de largura por 31,4 m de comprimento, altura de pé direito de 4,5 metros, 8 metros de altura até o lanternim, laterais abertas e cama de maravalha (Figura 1). A quantidade de animais no galpão variou de 45 a 62 animais o que fez com que a densidade variasse de 17,02 a 12,35 metros quadrados por animal.



Figura 1 – Galpão *compost barn*
Fonte: O Autor (2019)

Conta com oito ventiladores na marca DeLaval, modelo DF 1250, com motor de 1 cv e capacidade de fluxo de ar de 34.000 m³/h. Os ventiladores estão instalados a 3,5 m de altura da cama com um ângulo de inclinação voltado para baixo entre 15 a 30°, de modo que um ventilador estava instalado apontado para a projeção da base

do próximo e com capacidade para movimentar a massa de ar a 3 m s^{-1} (Figura 2).

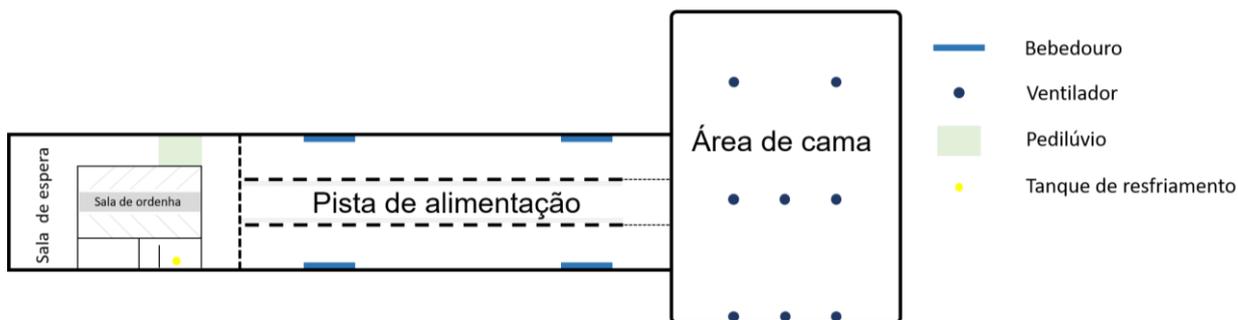


Figura 2 – Croqui ilustrativo do galpão *compost barn* e anexos
Fonte: O Autor (2019)

O *compost barn* possuía cobertura em aluzinco sem isopor e a área de alimentação e os bebedouros eram externos. O controle de ventilação era realizado manualmente e tinha a função de facilitar a perda de calor dos animais.

Como manejo diário, a cama era revolvida duas vezes ao dia, no momento em que as vacas estavam na ordenha ou se alimentavam. A cama era revolvida com a utilização de um trator, o qual acionava o implemento do tipo escarificador a 20 cm de profundidade e tinha como objetivo a incorporação de dejetos, descompactação, e controle de temperatura e umidade da cama (Figura 3).



Figura 3 – Manejo de revolvimento da cama no sistema *compost barn*
Fonte: O autor (2018)

A alimentação dos animais do experimento era fornecida *ad libitum* em três horários do dia, às 8:00, 16:00 e 20:00 horas. A dieta dos animais era balanceada e fornecida de acordo com a produtividade das vacas (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição dos ingredientes utilizados na dieta

Composição	Quantidade (kg)
Silagem de milho	35
Pré-secado de Tifton	3

Concentrado comercial	8
Farelo de Soja	1

Para facilitar o fornecimento da dieta, os animais foram divididos em dois lotes, sendo que os animais utilizados no experimento pertenciam ao lote de maior produção, e recebiam a mesma alimentação. As primíparas tinham produção de leite de 25 litros/dia e multíparas com produção de 32 litros/dia. Todas multíparas escolhidas para o experimento eram animais de segunda cria.

3.1 Animais do experimento

Foram utilizadas 18 vacas mestiças da raça holandesa x Jersey com diferentes graus de sangue as quais foram selecionadas e divididas em dois tratamentos de acordo com ordem de parto, produção, estágio de lactação, peso e pelagem. O tratamento 1 foi formado por vacas primíparas com média de peso de 500 kg e o tratamento 2 por vacas multíparas com média de peso de 600 kg (Figura 4).



Figura 4 – Vacas primíparas e multíparas utilizadas no experimento
Fonte: O autor (2017)

As vacas utilizadas no experimento foram mantidas no mesmo ambiente dos animais do lote de maior produção durante todo o período experimental. Para identificação das vacas utilizadas no experimento e para facilitar a identificação dos animais durante o período noturno, foi utilizado spray mata bicheira e repelente na cor prata. Os animais foram identificados com números de 1 a 18 na região da costela. A vacas primíparas foram numeradas com números que vão de 1 a 9 e as multíparas de 10 a 18.

3.2 Aferição dos dados

Foram realizadas 8 avaliações referentes a termorregulação, 9 avaliações microclimáticas e de temperatura e umidade da cama para avaliação da variabilidade espacial dessas variáveis, 10 avaliações microclimáticas para realizações dos índices de conforto térmico e 10 avaliações comportamentais. Todas as avaliações foram realizadas preferencialmente aos fins de semana e de acordo com a disponibilidade da equipe técnica.

As respostas comportamentais ao ambiente foram verificadas durante períodos de 24 horas por dia de avaliação. As respostas fisiológicas foram verificadas em períodos de 7 horas por dia de avaliação, nos intervalos de verificação das respostas comportamentais. As avaliações referentes a variabilidade espacial do microclima do ambiente e da temperatura e umidade da cama foram realizadas em 3 intervalos por dia de verificação, a saber, das 09:00 às 12:00 horas, das 12:00 às 15:00 horas e das 15:00 às 18 horas.

3.2.3 Avaliações comportamentais

As observações comportamentais foram realizadas como amostragem 0/1, por meio do método focal descrito por BROOM e FRASER (2007). As observações tiveram duração de 10 minutos, e intervalo de 30 minutos entre elas e foram feitas por dois observadores, a mais ou menos 10 m de distância do animal, para não interferir nas atividades que os animais estavam realizando, sendo registrado o comportamento no momento da observação (Figura 5).

Os avaliadores realizaram um treinamento prévio ao estudo a fim de minimizar possíveis diferenças entre as observações visuais. As observações referentes a ingestão de água e alimento foram realizadas externamente a área de cama.



Figura 5 – Observação e registro de comportamento
 Fonte: O autor (2017)

Os dados foram anotados em planilhas de campo (Apêndice A) e os comportamentos foram avaliados por meio de um etograma adaptado do método proposto por ENDRES e BARBERG (2007) e PILATTI. et al (2018) , conforme a tabela 2.

TABELA 2 – Comportamentos analisados

COMPORTAMENTO	DESCRIÇÃO
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 área de alimentação
Ofegando	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 outro 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
Montar	Quando uma vaca apresenta comportamento de monta em outro animal
Brincar com a cama	Quando o animal joga cama para cima com um dos membros anteriores

3.2.2 Variáveis microclimáticas e índices de conforto térmico

As variáveis microclimáticas no ambiente interno do *compost barn* foram aferidas com a utilização de quatro data loggers modelo HOBO U12 – 013 (marca Onset) com dois canais externos. Este possuía faixa de medição de temperatura de -20 a 70 °C, e de 5 a 95% de umidade, com precisão para aferição de temperatura de $\pm 0,35$ °C de 0° a 50 °C e para umidade relativa de $\pm 2,5\%$ de 10% a 90%, até um máximo de $\pm 3,5\%$. Em cada um dos canais externos dos datas loggers foi inserido um sensor termopar acoplado em uma esfera oca de polietileno pintado de preto fosco com 15 cm de diâmetro, instalado em quatro pontos do galpão e os dados coletados foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e temperatura do globo negro (°C), a cada 30 minutos. A temperatura do globo negro (°C) foi obtida com a instalação do sensor na altura de massa dos animais.

A velocidade do vento (m s^{-1}) foi mensurada, com a utilização de um anemômetro digital de hélice portátil, modelo MS6252A (marca Mastech) com faixa de precisão de $\pm 3\%$ de 0.40 a 30.0 m s^{-1} , em quatro pontos do galpão, próximo aos sensores (Figura 6). Todas as medidas foram coletadas a 1,70 m da cama para que os dados aferidos melhor representassem a situação microclimática em que os animais estavam inseridos.



Figura 6 – Aferição da velocidade do vento
 Fonte: O Autor (2017)

Por meio dos dados coletados, foi calculado o índice de temperatura e umidade - ITU de acordo com THOM (1958):

$$\mathbf{ITU} = T_a + (0,36 * T_{po}) + 41,5$$

Em que:

T_a = Temperatura do ar (°C);

T_{po} = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

O Índice de temperatura do globo Negro e Umidade – ITGU – de acordo com BUFFINGTON et al. (1981) (eq.2):

$$\mathbf{ITGU} = T_{gn} + (0,36 * T_{po}) + 41,5$$

T_{gn} – Temperatura do Termômetro de Globo Negro (C°);

T_{po} – Temperatura de ponto de orvalho (C°).

A entalpia específica do ar – h de acordo com RODRIGUES et al. (2011):

$$h = \left\{ 1.006 * T_a + \left[\left(\frac{UR}{PB} \right) * 10^{\left(\frac{7,5 * T_a}{237,3 + T_a} \right)} \right] \right\} * (71,28 + 0,052 * T_a)$$

Em que:

h = Entalpia (kJ kg⁻¹ ar seco);

T_a = Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$);

UR = umidade relativa do ar (%);

PB = pressão barométrica local (mmHg).

A pressão paramétrica considerada foi a de 950,0 hPa = 712,6 mmHg.

E a carga térmica radiante – CTR de acordo com ESMAY (1969):

$$CTR = \sigma * (TRM)^4$$

Em que:

CTR = Carga térmica radiante (W m^{-2});

σ = constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8}$) ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$);

TRM = temperatura radiante média (K).

A TRM pode ser dada pela formula proposta por BOND; KELLY e ITTER (1954):

$$TRM = 100 * \left\{ [2,51 * \sqrt{v} * (T_{gn} - T_a)] + \left[\left(\frac{T_{GN}}{100} \right)^4 \right] \right\}^{1/4}$$

TRM = temperatura média radiante (K);

v = velocidade do vento (m/s);

T_{gn} – Temperatura do Termômetro de Globo Negro ($^{\circ}\text{C}$);

T_a = Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

3.2.3 Avaliação da termorregulação

A termorregulação das vacas foi avaliada durante 24 horas, nos intervalos da avaliação comportamental. Foram aferidas a frequência respiratória (mov. min^{-1}) e a temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) das vacas.

3.2.3.1 Frequência respiratória

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).

3.2.3.1 Temperatura superficial

Para medir a temperatura superficial dos animais, foi empregada uma câmera infravermelha (FLIR SYSTEM T300). A temperatura superficial foi aferida a 1 metro de distância, em cinco pontos distintos do corpo das vacas (Figura 7 e 8) e após a aferição, foi feito a média aritmética da temperatura dos pontos aferidos, de acordo com o método adaptado de DOMINGOS et al. (2013).

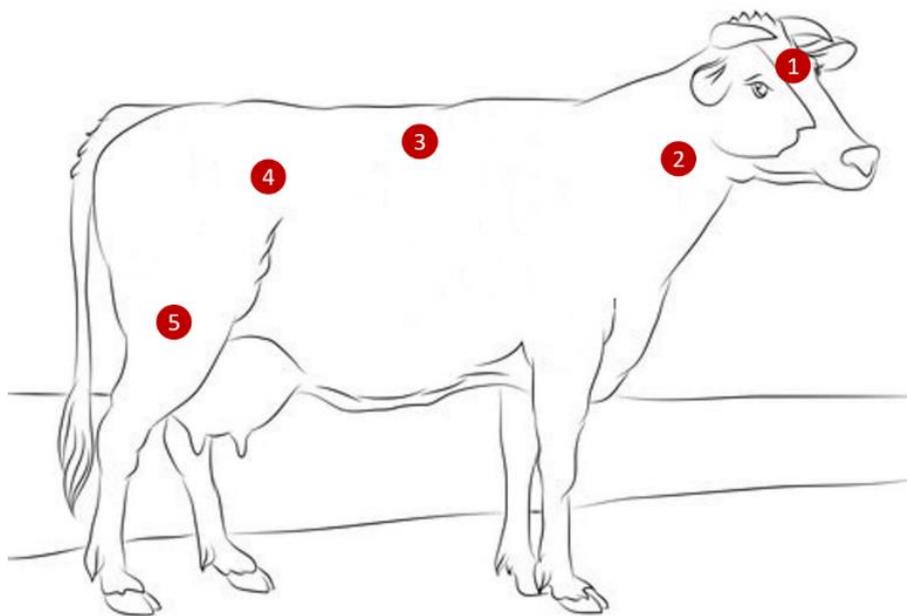


Figura 7 – Pontos de medida para aferição da temperatura média superficial
Fonte: Adaptado de YonjaMedia (2019)



Figura 8 – Imagem da câmera termográfica infravermelha
Fonte: O autor (2018)

3.3 Variabilidade espacial do ambiente térmico

Para avaliar a temperatura interna da cama foi utilizado um sensor termopar à profundidade de 20 cm. Na avaliação da umidade do material da cama do sistema, foi utilizado um sensor de 5 cm de comprimento da marca Decagon Devices, modelo ECH₂O EC-S, que foi fixada perpendicularmente ao solo, possibilitando a coleta de dados na profundidade de 20 cm. Ambos os sensores foram acoplados a um data logger H21 – 002 (Onset). Os equipamentos utilizados para avaliar a variabilidade espacial do microclima e da temperatura e umidade da cama são os mesmos citados anteriormente para cada variável.

Todos os dados foram aferidos em uma malha regular com 108 pontos, distribuídos uniformemente ao longo do galpão com espaçamento de 2,5 m entre cada ponto (Figura 9 e 10).



Figura 9 – Marcação dos pontos de aferição

Fonte: O autor (2017)



Figura 10 – Equipamentos utilizados para aferir os atributos referentes a variabilidade espacial
Fonte: O Autor (2018)

Para os dias de avaliação da variabilidade espacial os valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar para o ambiente externo foram:

- 1 intervalo de aferição (09:00 – 12:00 horas) – Temperatura do ar mínima de 18,9 °C, média de 24,3 °C e máxima de 28,6 °C. Umidade relativa do ar mínima de 54%, média de 66,5% e máxima de 73%;

- 2 Intervalo de aferição (12:00 – 15:00) – Temperatura mínima do ar de 17,8 °C, média de 26,4 °C e máxima de 31 °C. Umidade relativa do ar mínima de 36%, média de 63% e máxima de 100%;

3- Intervalo de aferição (15:00 – 18:00) – Temperatura do ar mínima de 18,1 °C, média de 25,4 °C, máxima de 30,1 °C. Umidade relativa do ar mínima de 34%, média de 69,6% e máxima de 100%.

Os dados do ambiente externo foram aferidos por meio da estação meteorológica automática de Dois Vizinhos – PR, localizada a 520m de altitude, latitude de 25°41'S e longitude de 53°05'W e foram obtidos através do Sistema de Informações Hidro-Meteorológica por meio da Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia.

3.3 Análise Estatística

3.3.1 Variabilidade espacial

A geoestatística (Krigagem) foi utilizada para modular a variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar junto a velocidade do vento e a temperatura e a umidade da cama através de ajustes de semivariogramas. Os modelos teóricos foram ajustados através do cálculo do semivariograma proposto por Vieira (2000):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Em que:

$\gamma(h)$ = semivariância é amostral obtida através dos resultados alcançados

$N(h)$ = o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h

Para analisar o índice de dependência espacial (IDE) foi utilizado a classificação de Zimback (2001), onde o IDE é classificado em forte ($IDE \geq 75\%$), moderado ($25\% < IDE < 75\%$), e fraco ($IDE \leq 25\%$).

Os modelos de semivariogramas considerados foram o Matérn, cúbico, circular, esférico e gaussiano, os quais foram ajustados ao semivariograma por meio do método de verossimilhança.

Para as análises geoestatística e construção dos mapas de krigagem foi utilizado o software R, utilizando o pacote geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2011).

3.3.2 Índices de conforto térmico, Termorregulação e comportamento

A análise dos dados referentes ao conforto térmico, termorregulação e o comportamento foram analisados através de inferência bayesiana. Para a análise dos dados de índice de conforto térmico e dos dados de termorregulação foi considerado que a variável de interesse (Y) apresentou distribuição normal com os parâmetros μ e σ . O modelo considerado foi:

$$Y_{ki} \sim (\mu, \sigma)$$

$$\mu = \alpha + \beta * X_{ki} + \pi * X_{ki}^2 + \rho * X_{ki}^3 + u_k + \varepsilon_{ki}$$

$$\alpha \sim \text{Normal}(0, 0.001)$$

$\beta \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

$\pi \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

$\rho \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

$\sigma \sim \text{Cauchy}(0,5)$

Onde X se refere a hora do dia o qual foi verificado o valor de Y, o u_k é o efeito aleatório dos dias, e os índices i e K referem-se ao animal e ao dia, respectivamente.

Para a análise dos dados comportamentais foi considerado que a variável de interesse (Y) segue uma distribuição de Poisson com parâmetro λ . O modelo considerado para cada comportamento dentro de cada tratamento foi:

$$Y_{ki} \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$\text{Log}(\lambda_i) = \alpha + \beta * X_{ki} + \pi * X_{ki}^2 + \rho * X_{ki}^3 + u_k + \varepsilon_{ki}$$

$\alpha \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

$\beta \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

$\pi \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

$\rho \sim \text{Normal}(0, 0.001)$

Onde X se refere a hora do dia o qual o comportamento foi verificado, o u_k é o efeito aleatório dos dias, e os índices i e K referem-se ao animal e ao dia, respectivamente.

Para as análises referentes aos índices de conforto térmico, termorregulação e comportamento foi utilizado o software R, utilizando o pacote brms (BÜRKNER et al., 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIABILIDADE ESPACIAL

4.1.1 Variáveis térmicas do galpão

Através dos resultados encontrados, é possível observar que as variáveis térmicas do galpão apresentaram dependência espacial de moderada a forte, com

exceção da temperatura do ar no terceiro intervalo de aferição (15:00 – 18:00), a qual não apresentou dependência espacial (Tabela 2).

Tabela 3 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m s⁻¹)

Intervalo (horas)		Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
9:00 – 12:00	Modelo	Circular	Cúbico	Cúbico
	Efeito pepita	0,00	1,2 . 10 ⁷	0,11
	Patamar	8,5 . 10 ⁴	2,0 . 10 ⁸	0,30
	Alcance (m)	15,39	45,36	30,24
	IDE (%)	100	94	63
	Dependência espacial	Forte	Forte	Moderada
12:00 – 15:00	Modelo	Circular	Circular	Gaussiana
	Efeito pepita	0,00	0,00	0,19
	Patamar	6,0 . 10 ⁻⁴	2,5 . 10 ⁷	0,70
	Alcance (m)	21,93	24,41	30,82
	IDE (%)	100	100	72
	Dependência espacial	Forte	Forte	Moderada
15:00 – 18:00	Modelo	Cúbica	Matern	Cúbico
	Efeito pepita	0,00	1,7 . 10 ⁶	0,10
	Patamar	0,00	1,7 . 10 ⁷	0,29
	Alcance (m)	0,00	18,08	44,25
	IDE (%)	0	88	68
	Dependência espacial	Sem ajuste	Forte	Moderada

C_0 = Efeito Pepita; Patamar (C_0+C_1); IDE = Índice de Dependência Espacial ($C_1/C_0 + C_1$) x 100.

A temperatura do ar foi ajustada para o modelo circular no primeiro (09:00 - 12:00) e segundo (12:00 – 15:00) intervalo de aferição, com alcance de 13,39 m e 21,93 m, respectivamente, demonstrando assim maior homogeneidade entre as amostras no segundo intervalo de aferição. A temperatura do ar também apresentou forte dependência espacial (IDE ≥ 75%) com valores de IDE de 100% para ambos os intervalos.

Através dos mapas de krigagem é possível constatar que a temperatura do ar oscilou de 23,5 °C a 25,5 °C e de 26,5 °C a 28,0 °C no primeiro e no segundo intervalo de aferição, respectivamente (Figura 11).

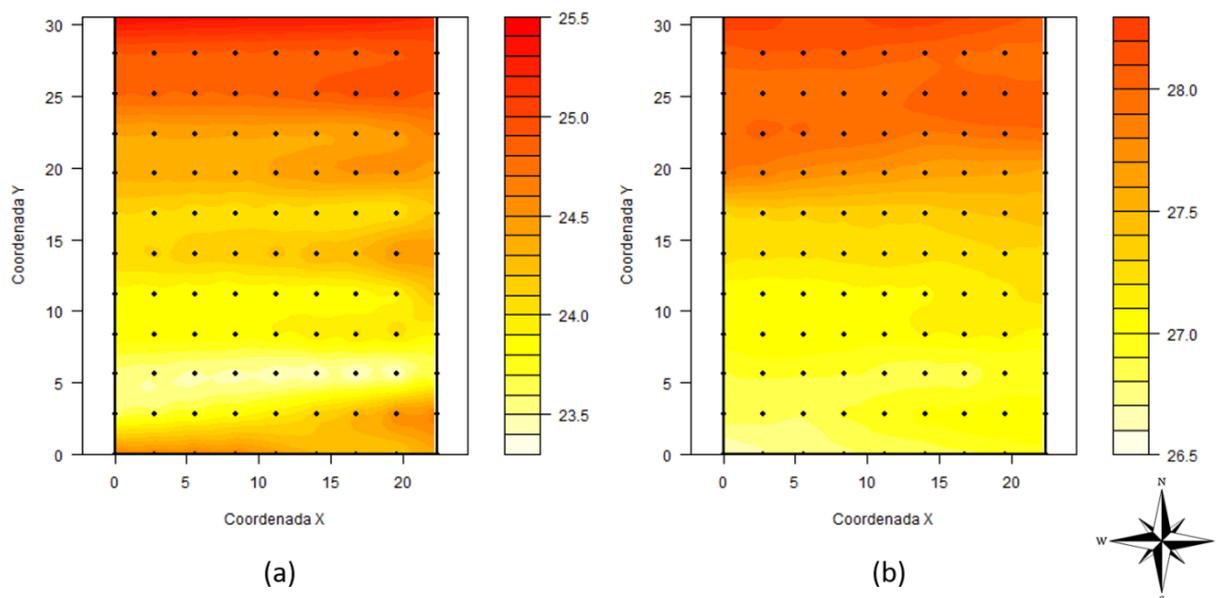


Figura 11 – Temperatura do ar entre 09:00 e 12 horas (a) e entre 12:00 e 15:00 horas (b)

No primeiro intervalo de aferição, a temperatura do ar esteve dentro do limite da zona de termoneutralidade estabelecida por Perissinoto e Moura (2007), que é de valores próximos aos 26 °C. No segundo intervalo de aferição a temperatura ultrapassou os valores recomendados, indicado que os animais poderiam estar em estresse térmico. Observa-se também que nos dois intervalos de horário, a face norte do galpão apresentou maior temperatura do ar, indicando que o sistema de ventilação existente não foi suficiente para renovar a massa de ar de todo o galpão.

Em relação a umidade relativa do ar, observa-se que os valores dessa variável foram ajustados aos modelos cúbicos, circular e Matérn para o primeiro, segundo e terceiro (15:00 – 18:00) intervalo de aferição respectivamente. Os valores do índice de dependência espacial indicam forte dependência espacial para todos os períodos avaliados ($IDE \geq 75\%$) (Tabela 2).

O limite da dependência espacial estabelecido pelo alcance demonstra que o primeiro intervalo apresentou maior homogeneidade entre os valores amostrados, com alcance de 45,36, seguido pelo segundo e terceiro intervalo, que apresentaram alcance de 24,41 e 18,08 respectivamente.

Os valores de máxima e mínima de umidade relativa do ar da instalação nos três intervalos, demonstrados pelos mapas de krigagem para essa variável, apontam que no primeiro intervalo, a umidade relativa do ar variou entre 66 e 70%, no segundo intervalo variou de 60 a 64 e no terceiro intervalo variou de 50 a 65% (Figura 12).

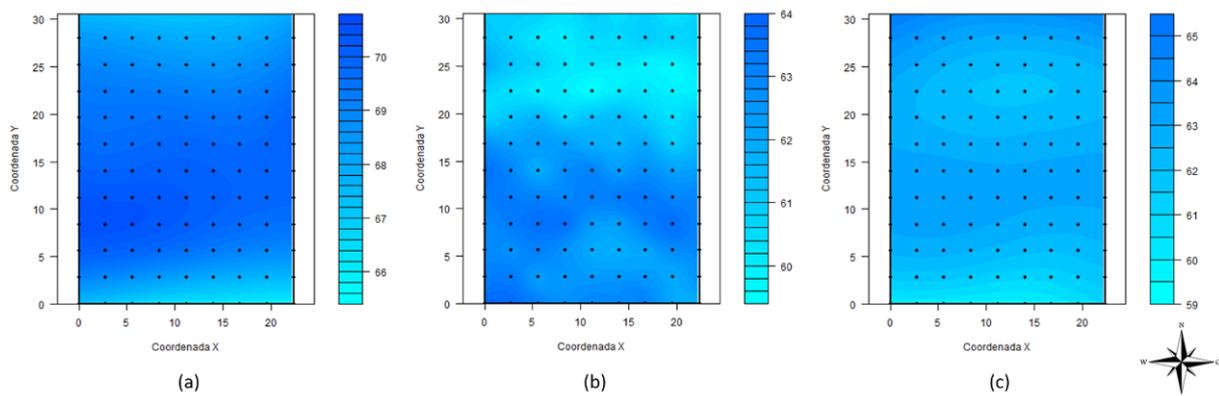


Figura 12 – Umidade relativa do ar entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

No primeiro intervalo, os menores valores de umidade relativa do ar foram encontrados nas extremidades da face sul e da face norte. Para o segundo intervalo, os menores valores foram encontrados na face norte, enquanto no terceiro intervalo os maiores valores foram encontrados face sul.

A umidade relativa considerada ideal para bovinos de leite situa-se entre 50 e 70% (BAÊTA e SOUZA, 2010) e a medida que a umidade do ar aumenta, a perda de calor por evaporação diminui, sendo que umidade relativa do ar entre 75 e 78% é considerado uma situação estressante e superior a 78% é considerada uma situação extremamente desconfortável (KADZERE et al., 2002). Logo, se levado em consideração apenas a umidade relativa do ar, todas as regiões do galpão indicam que os animais estavam em conforto térmico. Contudo, a umidade relativa não deve ser utilizada como estimador único de estresse térmico, devendo no mínimo ser avaliada junto a temperatura do ar.

Quando levado em consideração a temperatura do ar (Figura 11) e a umidade relativa do ar (figura 12) se é possível estimar com mais precisão o grau de estresse térmico. Em situações em que a temperatura do ar extrapola a zona crítica superior, a perda de calor por meios evaporativos passa a ser o principal mecanismo de resfriamento utilizado por bovinos. Porém, a umidade relativa do ar elevada compromete a eficácia desse mecanismo, podendo causar estresse térmico.

Valores de umidade relativa do ar entre 60 e 70% e temperatura do ar entre 22 e 24 °C indicam conforto muito bom, enquanto temperatura do ar entre 25 e 28 °C e umidade relativa do ar entre 60 e 70% indicam bom conforto térmico (PERISSINOTTO; MOURA, 2007). Dessa forma, mesmo levando em consideração a umidade relativa junto a temperatura do ar, é possível afirmar que todo o ambiente

térmico do *compost barn* forneceu condições para que os animais estivessem em conforto térmico.

Embora seja possível observar diferença no teor de umidade relativa entre as regiões do galpão, esses valores, mesmo quando levado em consideração da temperatura do ar, apontam que essas diferenças não são grandes a ponto de indicar situações de desconforto térmico entre uma localidade de outra. Uma vez que o *compost barn* possui as laterais abertas, essa baixa amplitude entre os valores deste atributo dentro dos três intervalos de aferição e indica que a variabilidade espacial da umidade relativa do ar dentro do *compost barn* foi influenciada pelo ambiente externo, o que pode ser confirmado pela baixa amplitude entre os valores médios deste atributo para o ambiente externo.

No que diz respeito a velocidade do vento, os modelos que se ajustaram a essa variável foram o cúbico para o primeiro e o terceiro intervalo e o modelo gaussiano para o segundo intervalo. O terceiro intervalo apresentou maior alcance de dependência espacial para essa variável, seguido pelo segundo e primeiro intervalo respectivamente. Todos os três intervalos apresentaram dependência espacial moderada ($25\% < IDE < 75\%$) (Tabela 2).

Os mapas de krigagem para velocidade do vento (Figura 13) demonstram que os valores para esse atributo variaram de 0,5 a 2,0 $m s^{-1}$ no primeiro intervalo, de 0,5 a 2,5 $m s^{-1}$ no segundo intervalo e entre 0,2 a 1,6 $m s^{-1}$ no terceiro intervalo de aferição.

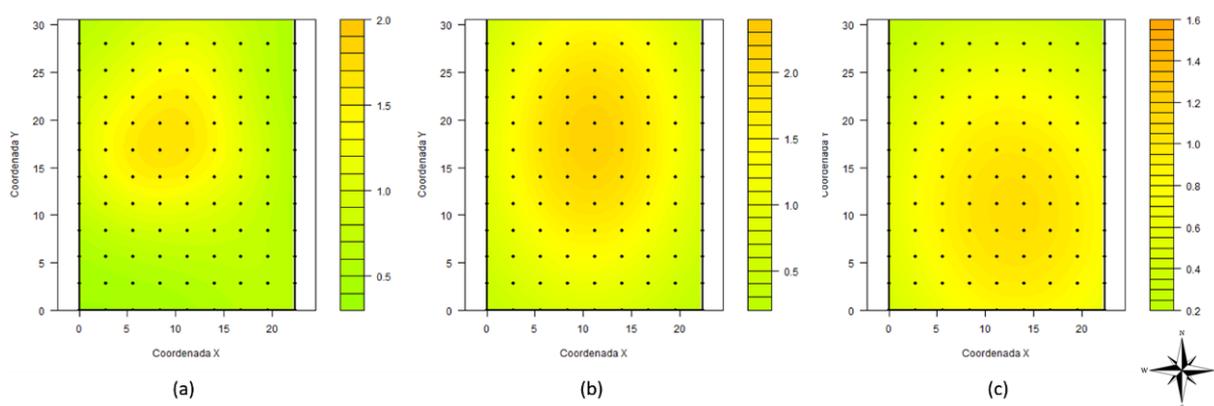


Figura 13 – Velocidade do vento entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

Para os três intervalos os menores valores de velocidade do vento foram encontrados nas extremidades do galpão. A tendência de a velocidade do vento ser maior na região mais central do galpão se deve ao fato da linha de atuação do sistema

de ventilação está direcionado para essa região. Os menores valores de velocidade do vento encontrados no terceiro intervalo de aferição é consequência da coincidência do horário de ordenha com o horário de aferição dos dados para esse intervalo, que por vezes se deu no mesmo momento. Quando os animais eram conduzidos a sala de espera para posterior ordenha, os ventiladores eram desligados, o que ocasionou maior diminuição da velocidade do vento e maior homogeneização entre os valores.

De acordo com Rodavelli (2018), para resfriar a superfície da cama e refrescar os animais, geralmente, tem se utilizado sistemas de ventilação que forneçam velocidade do vento com capacidade de movimentar a massa de ar a 3 m s^{-1} . De acordo com Berman (2005), a medida que a velocidade de vento aumenta há um decréscimo na sensação de calor, sendo que os efeitos positivos do aumento da velocidade do vento são mais evidentes em situações de maior umidade do ar. Para Gaughan et al. (2002) os efeitos estressantes da atuação de elevadas temperaturas e umidade relativa do ar são acentuados se a velocidade do ar for menor que $1,5 \text{ m s}^{-1}$.

Em estudo sobre a influência dos fatores ambientais na distribuição de vacas leiteiras, Raquel (2015) verificou que as vacas se concentraram na parte da instalação de confinamento onde a velocidade do vento era mais forte. Dessa forma, embora a velocidade do vento estivesse fora do valor recomendando em toda a extensão do galpão, a menor velocidade do vento nas extremidades, pode ter estimulado os animais a se posicionarem por mais tempo na região central do galpão, o que, pela maior deposição de fezes e urina, pode ter provocado diferença entre a temperatura e umidade da cama dessa região em relação a das extremidades.

4.1.2 Variáveis térmicas da cama

Os resultados da análise geostatística demonstram que a temperatura e umidade da cama apresentaram dependência espacial forte (Tabela 3).

Tabela 4 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade da cama ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)

Intervalo (horas)		Temperatura da cama ($^{\circ}\text{C}$)	Umidade da cama ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)
	Modelo	Matern	Cúbico
	Efeito pepita	$1,7 \cdot 10^6$	$7,7 \cdot 10^4$
	Patamar	$1,7 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^5$
9:00 – 12:00	Alcance (m)	18,08	20,56

	IDE (%)	88	88
	Dependência espacial	Forte	Forte
12:00 – 15:00	Modelo	Circular	Cúbico
	Efeito pepita	0,00	$7,7 \cdot 10^4$
	Patamar	$2,5 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^5$
	Alcance (m)	24,41	20,56
	IDE (%)	100	88
	Dependência espacial	Forte	Forte
15:00 – 18:00	Modelo	Matern	Cúbico
	Efeito pepita	$10 \cdot 10^6$	$7,7 \cdot 10^4$
	Patamar	$1,9 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^5$
	Alcance (m)	24,92	20,56
	IDE (%)	95	88
	Dependência espacial	Forte	Forte

C_0 = Efeito Pepita; Patamar (C_0+C_1); IDE = Índice de Dependência Espacial $(C_1/C_0 + C_1) \times 100$.

A temperatura da cama foi ajustada para o modelo Matern no primeiro e terceiro intervalo de aferição e circular para o segundo intervalo. O intervalo com maior alcance de dependência espacial foi terceiro, com valor de 24,92 m, seguido pelo segundo, com valor de 24,41 m e pelo primeiro com valor de 18,08 m. Em todos os intervalos avaliados a temperatura da cama apresentou forte dependência espacial ($IDE \geq 75\%$).

A umidade da cama foi ajustada para o modelo cúbico, com alcance de dependência espacial de 20,56 m e forte dependência espacial ($IDE \geq 75\%$) para os três intervalos.

Para BEWLEY et al. (2012), o sucesso do *compost barn* está intimamente relacionado ao sucesso da compostagem da cama. Para que a compostagem ocorra de forma adequada, recomenda-se que a temperatura deva estar entre 43 e 65 °C a uma profundidade de 15 a 31 cm e a umidade entre 40 e 60% (JANNI et al., 2006; BEWLEY et al., 2013). Na presente pesquisa, os valores de temperatura da cama e de umidade da cama variaram de 20,7 a 49,8 °C e 0,003 (0,3%) a 0,522 $m^3 m^{-3}$ (52%), respectivamente (Tabela 4), portanto com locais apresentando temperatura e umidade bem distantes dos valores recomendados para que se ocorra uma boa compostagem.

Tabela 5 - Valores máximos, mínimos e primeiro e terceiro quartil para a temperatura (°C) e umidade da cama ($m^3 m^{-3}$)

Intervalos (horas)	Valores	Temperatura (°C)	Umidade ($m^3 m^{-3}$)
--------------------	---------	------------------	--------------------------

09:00 – 12:00	Máximo	49,6	0,522
	Mínimo	21,2	0,003
	1° Quartil	30,6	0,193
	3° Quartil	37	0,333
12:00 – 15:00	Máximo	49,8	0,518
	Mínimo	20,3	0,0003
	1° Quartil	30,8	0,212
	3° Quartil	37	0,362
15:00 – 18:00	Máximo	48,2	0,512
	Mínimo	20,7	0,0003
	1° Quartil	30,6	0,217
	3° Quartil	36,4	0,343

No primeiro intervalo os valores de temperatura da cama apresentaram valor máximo de 49,6, com 75% dos valores acima de 30,6 °C e 75% abaixo de 37 °C. No segundo intervalo a temperatura máxima foi de 49,8 °C, com 75 % dos valores inferiores a 37 °C e superiores a 30,8 °C. Para o terceiro intervalo, foi encontrado que 75 % dos foram superiores a 30,6 °C e inferiores a 36,4°C. Os valores de máxima e mínima para esse intervalo foi de 48,2 e 20,7 °C, respectivamente.

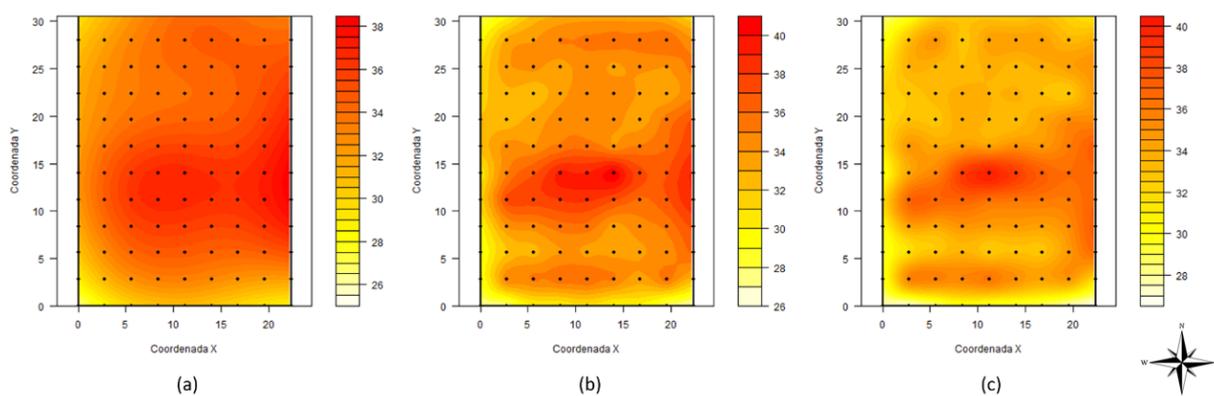


Figura 14 – Temperatura da cama entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

Os mapas de krigagem permitem visualizar que houve uma tendência dos maiores valores da temperatura da cama serem encontrados nas áreas onde a temperatura do ar foi menor (Figura 14). A maior temperatura da cama encontrada nesses locais provavelmente se deu pelo maior acúmulo de matéria orgânica provocada pela maior concentração de animais, que por sua vez se posicionaram

nesses locais em busca de conforto térmico, ou seja, mais próximo das linhas de ventilação.

No que diz respeito ao teor de umidade da cama, esse apresentou distribuição similar entre os intervalos de aferição (Figura 15).

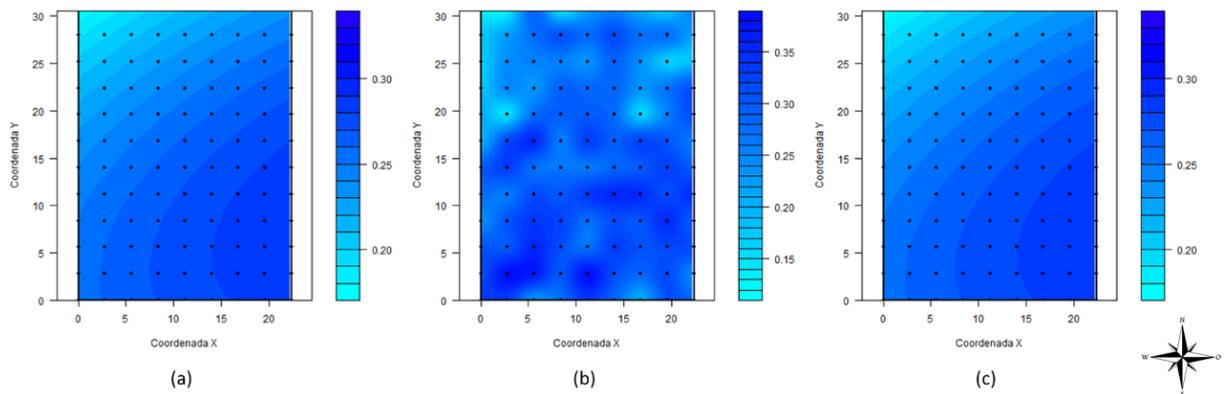


Figura 15 – Umidade da cama ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

Os valores de primeiro terceiro quartil para essa variável apontam que 75% dos valores encontra-se entre $0,19$ e $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, $0,21$ e $0,36 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,21$ e $0,34 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, para o primeiro, segundo e terceiro intervalo respectivamente. Os maiores encontrados foram de $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o primeiro e segundo intervalo e de $0,51 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o terceiro intervalo (Tabela 4). Esses valores indicam que em maior parte do *compost barn* o processo de compostagem é inexistente.

A ineficiência no processo de compostagem pode ser devido ao revolvimento da cama que se realizado em alta intensidade pode retirar elevado teor de umidade ou a baixa lotação animal que resulta em baixa deposição de dejetos, resultando em baixa quantidade de matéria orgânica e umidade na cama.

Os mapas de krigagem apontam que os maiores valores de umidade da cama foram encontrados na face sul da instalação, justamente nos locais em que a temperatura do ar foi mais amena e temperatura da cama foi mais elevada. Tal feito reforça a ideia de que, levados pela procura de locais mais confortáveis termicamente, os animais se posicionaram com maior intensidade onde a temperatura do ar foi mais amena. Esse comportamento aumentou a densidade de animais nesse local e favoreceu, embora que insuficientemente, o processo de compostagem.

4.2 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

O índice de temperatura e umidade (ITU), o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), a entalpia específica (h) e a carga térmica radiante (CTR) apresentaram comportamento similares, com os maiores valores entre às 09:00 e 18:00 horas e menores valores entre às 24:00 e 06:00 horas (Figura 16).

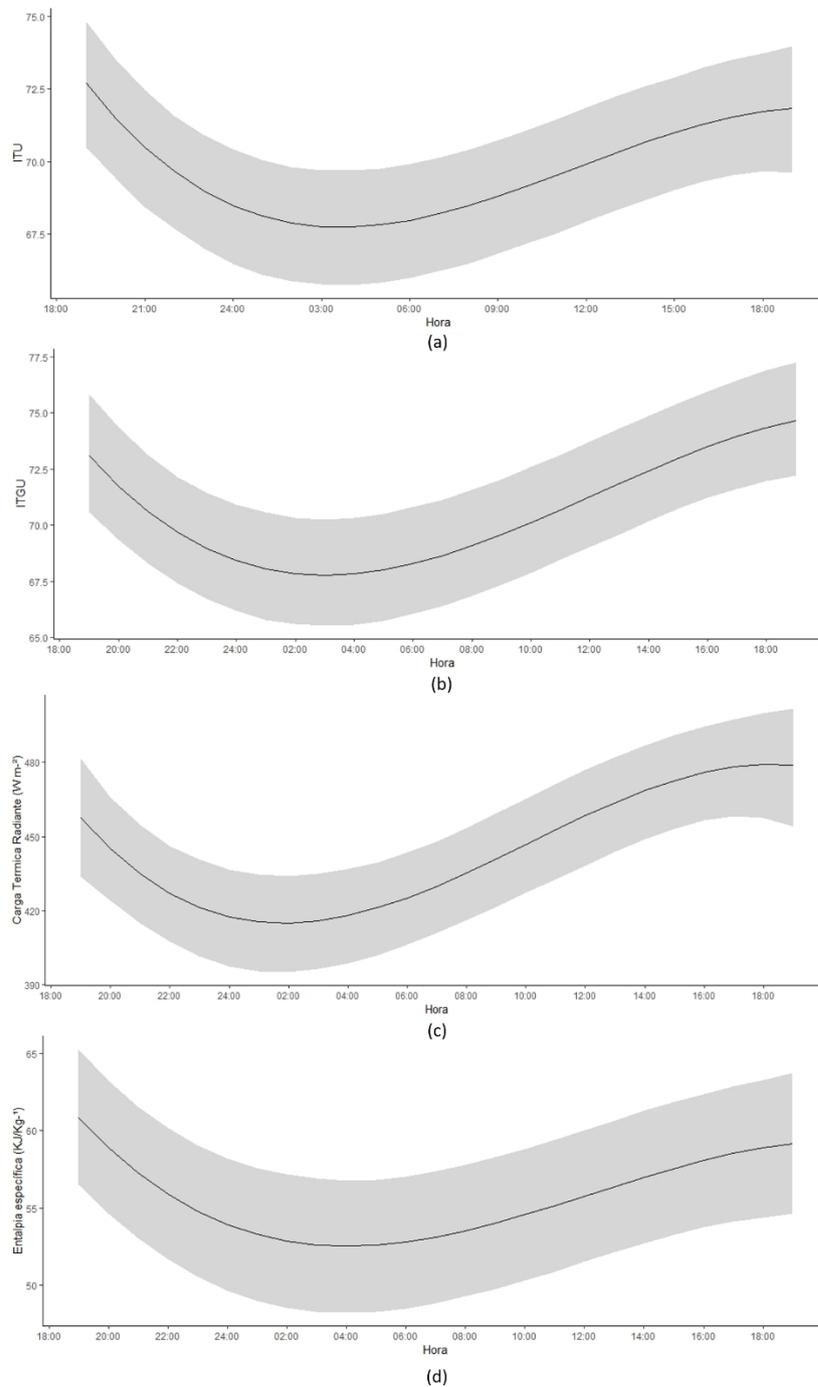


Figura 16 – Valores de índice de temperatura de globo negro e umidade – ITGU (a), índice de temperatura e umidade – ITU (b), entalpia específica (c) e carga térmica radiante no decorrer das horas do dia

No que diz respeito ao ITU, o ambiente térmico do *compost barn* apresentou valores inferiores a 68 entre às 1:30 e 6:00 horas, e valores entre 68 a 75 nos demais horários do dia. 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.

Os valores de ITU encontrados na literatura no qual o ambiente térmico pode causar estresse térmico são conflitantes e há autores, como Zimbelman et al. (2009) e Rensis; Garcia-Ispierto e López-Gatius (2015), que afirmaram que que ambiente térmico com ITU superior a 68 já é capaz de causar estresse térmico. De acordo com Rensis; Garcia-Ispierto e López-Gatius (2015), valores de ITU entre 68 e 74 pode evidenciar sinais leves de estresse térmico, e ITU superior a 75 causará estresse que resultará em diminuição drástica no desempenho produtivo.

Dessa forma, os valores de ITU encontrados sugerem que os animais poderiam expressar respostas fisiológicas e comportamentais que indiquem estresse térmico brando entre às 6:00 e 1:30.

Para o ITGU, os valores encontrados variaram entre 68 a 74,5. Esses valores indicam que o ambiente térmico do *compost barn* permitiu que os animais estivessem em conforto térmico, pois conforme o National Weather Service (2012), o ambiente térmico com valores de ITGU inferiores a 74 indica conforto térmico, entre 75 e 78, situação de alerta, entre 79 e 84, situação de perigo e acima de 84, situação de emergência.

Com relação ao indicador de estresse térmico denominado carga térmica radiante, o valor de CTR para que os animais estejam em conforto térmico está em torno de 450 W m^{-2} (BAÊTA; SOUZA,1997). Na presente pesquisa os valores encontrados oscilaram entre 415 a 480 W m^{-2} , com valores fora do recomendado entre às 10:30 e às 19:30, o que indica que os animais poderiam estar em estresse térmico durante essa faixa de horário do dia.

No que diz respeito a entalpia específica, os valores médios encontrados variaram de valores próximos a 52 a 61 kJ/kg, o que de acordo com a classificação proposta por Garcia (2017) indica que os valores estão dentro da faixa de termoneutralidade ($40,5 \leq h < 64,7$).

O comportamento dos valores dos índices avaliados ao decorrer das horas do dia possivelmente seu deu pelo aumento progressivo da radiação solar que aqueceu as instalações, elevou a temperatura do ar e modificou o ambiente térmico.

4.3 TERMORREGULAÇÃO

4.3.1 Temperatura média superficial

Através da tabela 5 é possível verificar que não houve diferença ($P > 0,05$) entre a temperatura superficial dos tratamentos ao decorrer das horas do dia, assim como pode-se ver na figura 17 que não houve diferença ($P > 0,05$) entre a temperatura superficial de primíparas e múltiparas. Os valores médios da temperatura média superficial ficaram próximos a 31 °C, com valores mínimos próximos a 29 °C e máximos próximos a 33 °C.

Tabela 6 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) da temperatura superficial de vacas primíparas e múltiparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
Temperatura Superficial				
α (Tratamento 1)	31,126 \pm 1,0461	29,054	33,188	NS
α (Tratamento 2)	31,860 \pm 1,764	28,388	35,345	NS
β (Tratamento 1)	- 0,420 \pm 0,466	-1,337	0,514	*
β (Tratamento 2)	-1,0274 \pm 1,129	-3,242	1,188	*
π (Tratamento 1)	0,133 \pm 0,118	-0,0257	0,00885	*
π (Tratamento 2)	0,271 \pm 0,285	-0,0598	0,0232	*

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Múltiparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

Tal fato é explicado pela pequena amplitude da temperatura do ar encontrada nas três faixas de horários avaliados, pela padronização de coloração da pelagem dos animais e por esses animais não estarem expostos a radiação solar direta.

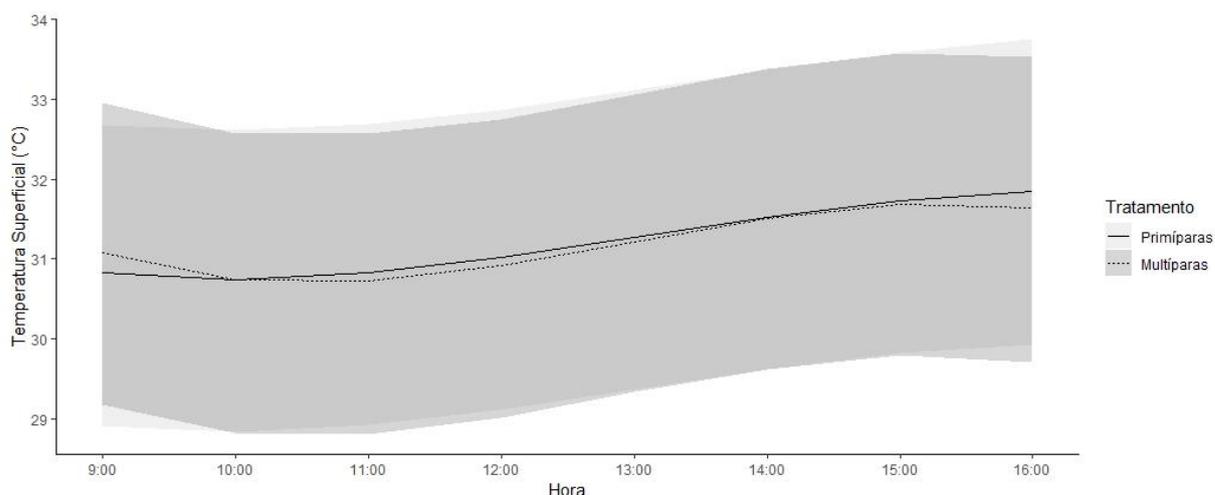


Figura 17 – Temperatura superficial de vacas primíparas e múltíparas mantidas em *compost barn*

Martello et al. (2004), ao avaliarem o microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização verificaram haver variação na temperatura superficial das vacas da raça holandesa ao longo do dia. Esses autores encontraram temperatura superficial de 31,6 °C às 6 horas e de 34,7 °C às 13 horas e verificaram que esses valores não indicavam que os animais estavam em estresse térmico. Rodavelli (2018) mensurou a temperatura de pelame de 1118 vacas mantidas em *compost barn* e encontrou valores médios de temperatura de 31,41 °C, máximos de 36 °C e mínimos de 23,5 °C.

4.3.4 Frequência respiratória

Na avaliação da frequência respiratória não foi constatado diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$), com os maiores valores de frequência respiratória no período da tarde (Tabela 7).

Tabela 7 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) da frequência respiratória de vacas primíparas e múltíparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
Frequência Respiratória				
α (Tratamento 1)	58,300 \pm 5,749	46,943	46,489	NS
α (Tratamento 2)	56,710 \pm 11,370	34,359	78,782	NS
β (Tratamento 1)	-9,706 \pm 3,584	-16,711	-2,659	NS
β (Tratamento 2)	-10,350 \pm 8,745	-27,579	6,740	*
π (Tratamento 1)	3,814 \pm 0,816	1,990	5,614	NS
π (Tratamento 2)	4,024 \pm 2,232	-0,364	8,445	*
ρ (Tratamento 1)	-0,314 \pm 0,069	-0,450	-0,178	NS
ρ (Tratamento 2)	0,335 \pm 0,168	-0,667	-0,006	NS

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Múltíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

No presente experimento, a frequência respiratória manteve-se dentro dos limites que indicavam ausência de estresse térmico. Embora a frequência respiratória tenha sido mais elevada no período da tarde (entre 14:00 e 15:00), os valores não ultrapassaram os 80 mov. min.⁻¹ (Figura 18).

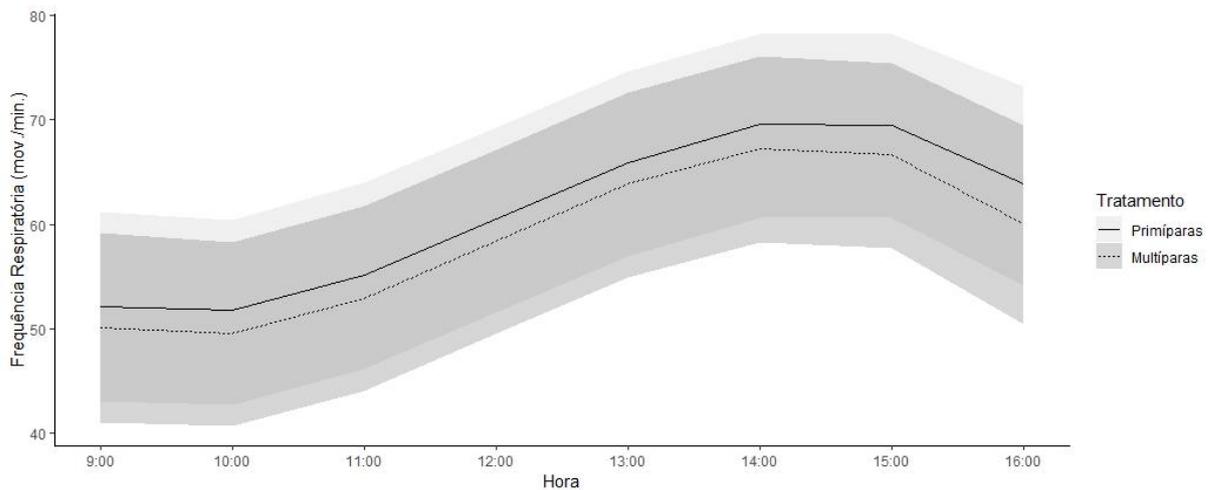


Figura 18 – Frequência respiratória de vacas primíparas e múltíparas mantidas em *compost barn*

O aumento da frequência respiratória no período da tarde se deve ao aumento da temperatura do ar, que após as 12:00 horas ultrapassou a temperatura de 26 °C recomendada por Perissinoto e Moura (2007) como a temperatura crítica superior.

Aguiar et al. (1996) trabalharam com vacas da raça holandesa durante o verão e constataram que a frequência respiratória tem relação com as condições de ambiente, apresentando os maiores valores durante a tarde. De acordo com Cook et al. (2007) a frequência respiratória excede os 60 movimentos por minuto quando a temperatura do ar ultrapassa os 25 °C.

Ao estudar o a relação entre o estresse térmico e os parâmetros metabólicos e do leite, Garcia et al. (2015) apontaram que vacas em situação de conforto térmico apresentaram frequência respiratória média de 38 mov. min enquanto as vacas em estresse térmico apresentaram valores em torno de 80 mov.min.

Na presente pesquisa, embora tenha havido aumento da frequência respiratória no período da tarde não houve indicativo de que os animais entraram em estresse térmico. Isso se deve ao fato de que a elevação da frequência respiratória se constitui um mecanismo de perda de calor que a depender do nível de desconforto térmico

poderá ser eficiente o suficiente para resfriar o animal sem lhe causar grandes prejuízos.

4.4 ¹COMPORTAMENTO

Com base em comparações bayesianas, o comportamento de comer entre primíparas e multíparas ao decorrer das horas do dia foi diferente ($P < 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de comer de vacas primíparas e multíparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
COMENDO				
α (Tratamento 1)	-0,651 \pm 0,16	-0,975	-0,338	*
α (Tratamento 2)	-1,111 \pm 0,14	-1,388	-0,829	*
β (Tratamento 1)	0,183 \pm 0,028	-0,236	-0,128	*
β (Tratamento 2)	0,0554 \pm 0,018	-0,0909	-0,0206	*
π (Tratamento 1)	-0,0000973 \pm 0,000016	-0,000129	-0,0000649	*
π (Tratamento 2)	-0,0000183 \pm 0,0000093	-0,0000372	-0,00000830	*
ρ (Tratamento 1)	0,00848 \pm 0,0013	0,00600	0,0109	*
ρ (Tratamento 2)	-0,00233 \pm 0,00072	0,000950	0,00380	*
Δ (α)	0,460 \pm 0,022	0,0422	0,889	*
Δ (β)	-0,128 \pm 0,033	-0,191	-0,0631	*
Δ (π)	0,0000790 \pm 0,0000188	-0,000115	-0,0000413	*
Δ (ρ)	0,00614 \pm 0,00146	0,00324	0,00894	*

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Multíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

O padrão de procura por alimento parece ter sido influenciado pelo horário de ordenha, posterior fornecimento de alimentação e pelas condições térmicas do galpão. As vacas multíparas apresentaram maior probabilidade de se alimentar no período noturno e nas primeiras horas do dia, entre às 20:00 e às 8:00 horas, enquanto as primíparas apresentaram maior probabilidade de se alimentar durante o dia, logo após as 9:00 até por volta das 15:00 horas (Figura 19).

¹ Devido ao grande número de comportamentos avaliados e devido à baixa probabilidade de ocorrência do comportamento de afugentar, se lamber, montar e brincar com a cama não serão discutidos. Contudo, as tabelas e as figuras das análises dos respectivos comportamentos se encontram nos Apêndices.

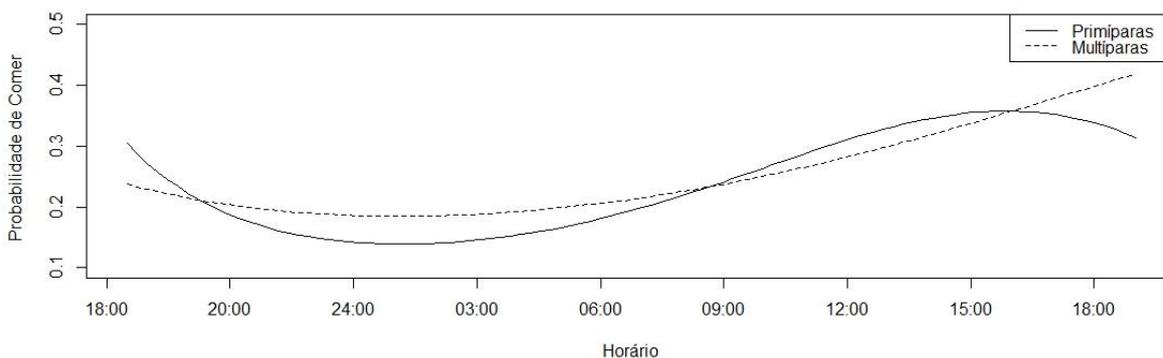


Figura 19 – Probabilidade de comer de vacas primíparas (linha contínua) e múltiparas (linha tracejada) em sistema *compost barn*

Embora o alimento fosse fornecido no mesmo horário (8:00, 16:00 e 20:00 horas) para ambos os tratamentos, as vacas primíparas apresentaram maior probabilidade de consumo de alimento nos horários mais quentes do dia, enquanto as múltiparas, nos horários mais frescos, o que sugere dominância das múltiparas sobre as primíparas no acesso a alimentação nas horas mais frescas do dia.

Tal hipótese é reforçada pelo arranjo social dos bovinos, pois esses são animais gregários e estão organizados em uma hierarquia social a qual define quais animais tem acesso prioritário aos recursos como água e alimento (HUZZEY et al., 2006; VAL-LAILLE et al., 2008). Entre outros fatores, o acesso ao topo da hierarquia social é determinado pelo sexo, territorialidade, presença de chifres, temperamento, níveis de hormônios sexuais (PHILIIPS e RIND, 2002), peso, idade (SÁROVÁ et al., 2013) raça e temperamento (PARANHOS DA COSTA e COSTA E SILVA, 2007; BOUISSOU et al., 2001). Todavia, no cocho de alimentação a dominância hierarquia se faz mais presente (GRANT e ALBRIGHT, 1995), sendo o peso corporal uma característica importante na determinação do livre acesso a esse local (POLLI, 1995).

No que diz respeito a idade e ao peso, esses são uns dos fatores que beneficiaram as múltiparas e as colocam em vantagem frente as primíparas na competição por alimentos nas horas mais amenas. Segundo Santos e Santos (1998), vacas mais velhas costumam exercer dominância sob as mais novas, o que tende a gerar competição na linha de cocho e por espaço na área de descanso. Essa competição a linha de cocho é possível de acontecer mesmo quando não há limitações da disponibilidade de alimento e espaço (OLOFSSON, 1999). Nesses casos, assim como verificado na presente pesquisa, as vacas dominantes têm acesso preferencial ao alimento e a se alimentar nos horários de maior conforto térmico.

Para o comportamento de ingestão de água, houve diferença entre os tratamentos ao decorrer das horas do dia ($P < 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 9 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ingerir água de vacas primíparas e multíparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
INGERIR ÁGUA				
α (Tratamento 1)	-1,185 \pm 0,24	-1,659	-0,708	*
α (Tratamento 2)	-2,028 \pm 0,23	-2,249	-1,572	*
β (Tratamento 1)	-0,281 \pm 0,041	-0,364	-0,200	*
β (Tratamento 2)	-0,0710 \pm 0,018	-0,125	-0,0146	*
π (Tratamento 1)	-0,000107 \pm 0,000025	-0,000157	-0,0000560	*
π (Tratamento 2)	0,0000152 \pm 0,000015	-0,0000141	0,0000451	*
ρ (Tratamento 1)	0,0107 \pm 0,0019	0,00700	0,0145	*
ρ (Tratamento 2)	0,000978 \pm 0,0018	-0,00141	0,00326	NS
Δ (α)	0,843 \pm 0,334	0,195	1,503	*
Δ (β)	-0,210 \pm 0,0000291	-0,309	-0,116	*
Δ (π)	-0,000122 \pm 0,00225	-0,000182	-0,0000670	*
Δ (ρ)	0,00976 \pm 0,00225	0,00549	0,0143	*

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Multíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

Na presente pesquisa, o comportamento de ingestão de água apresentou maior probabilidade de ocorrer logo após a ordenha e fornecimento de ração, com as primíparas apresentando maior probabilidade de ingestão nas horas mais quentes do dia e as multíparas nas horas mais frescas (Figura 20).

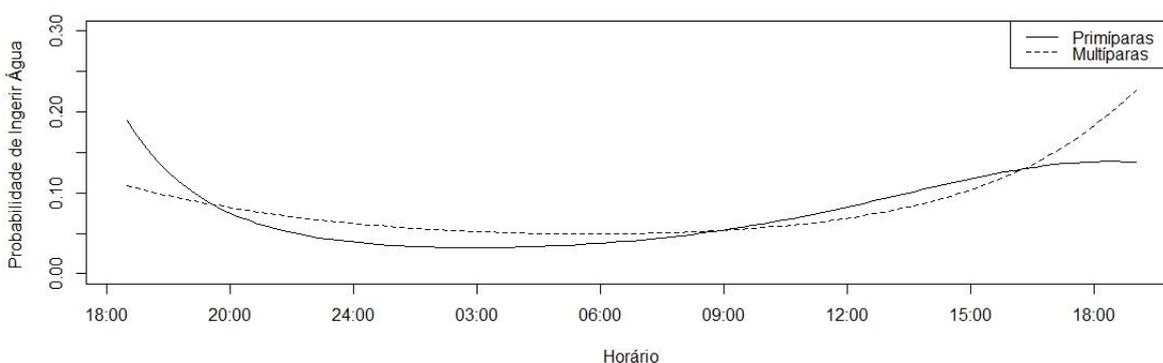


Figura 20 – Probabilidade de Ingerir água de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema *compost barn*

O consumo desse nutriente tende a proceder o consumo de alimentos (ALMEIDA et al., 2013) mas também sofre influência do horário de ordenha (BORGES; GONÇALVES; GOMES, 2009); MONTEIRO, 2016) e dos fatores climáticos (NRC 2007).

A maior probabilidade de ingestão de água após a ordenha se deve a desidratação transitória causada pela extração do leite que causa voracidade e competição entre os animais para se dessedentarem (CARDOT; LE ROUX; JURJANZ, 2008) e de acordo com SCHNEIDER, BEEDE e WILCOX (1988) e Cook et al. (2007) o aumento do consumo de água verificado no período noturno visa amenizar os danos causados pelo estresse térmico já estabelecido.

Além de apresentarem maior probabilidade de consumo de água durante a noite, as vacas multíparas apresentaram maior probabilidade de andar na maior parte das horas do dia. Com base em comparações bayesianas houve diferença entre os tratamentos para o comportamento de andar ($P < 0,05$) (Tabela 10).

Tabela 10 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de andar de vacas primíparas e multíparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
ANDAR				
α (Tratamento 1)	-1,185 \pm 0,24	-1,659	-0,708	*
α (Tratamento 2)	-2,028 \pm 0,23	-2,487	-1,572	*
β (Tratamento 1)	-0,281 \pm 0,041	-3,641	p-0,200	*
β (Tratamento 2)	-0,0710 \pm 0,028	-0,125	-0,0145	*
π (Tratamento 1)	-0,000107 \pm 0,00025	-0,000157	-0,0000599	*
π (Tratamento 2)	0,0000152 \pm 0,000015	-0,0000142	0,0000451	NS
ρ (Tratamento 1)	0,0107 \pm 0,00191	0,00700	0,0146	*
ρ (Tratamento 2)	0,000978 \pm 0,0012	-0,00141	0,00326	NS
Δ (α)	0,842 \pm 0,33	0,195	1,503	*
Δ (β)	-0,210 \pm 0,050	-0,309	-0,116	*
Δ (π)	-0,000123 \pm 0,000029	-0,000182	-0,0000670	*
Δ (ρ)	0,00976 \pm 0,0023	0,00549	0,0143	*

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Multíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

Ao estudar o comportamento diurno de vacas leiteiras mantidas em *compost barn* durante estações frias, Pilatti (2017) verificou haver diferença no comportamento de andar de primíparas e multíparas, com as primíparas expressando maior probabilidade de andar durante o período avaliado. Essa diferença entre primíparas e multíparas foi atribuída a maior frequência do número de atividades desempenhadas pelas primíparas, sendo ainda sugerido que esse grupo de animais apresenta comportamento mais agitado em relação as multíparas.

Na presente pesquisa, a maior probabilidade de andar pelas multíparas em relação às primíparas possivelmente se deu pela maior sensação de desconforto térmico desses animais que provocou excitação, estresse e/ou estimulou a procura por locais que facilitasse a manutenção da homeostase (Figura 21).

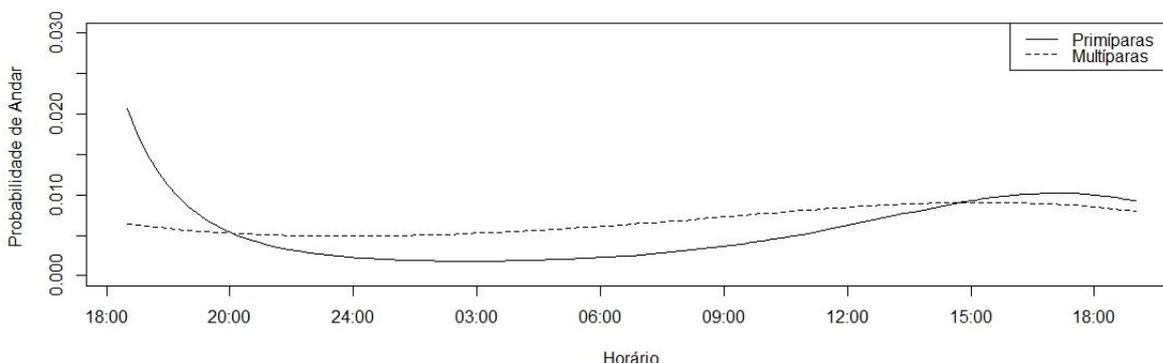


Figura 21 – Probabilidade de andar de vacas primíparas (linha contínua) e múltiparas (linha tracejada) em sistema *compost barn*

Endres e Barberg (2007), ao estudarem o comportamento de vacas leiteiras em *compost barn*, verificaram que com a elevação do índice de temperatura e umidade houve aumento do número de passos entre os animais avaliados. De acordo com esses autores, os animais apresentaram média de 71,6 passos por hora quando o índice de temperatura e umidade esteve abaixo de 72 e média de 120,8 passos por hora quando apresentou valor igual ou superior a 72.

No presente estudo, embora o ambiente térmico tenha apresentado elevação dos valores dos índices de conforto térmico ao decorrer das horas do dia, não foi observado aumento expressivo da intensidade de andar como o observado por Endres e Barberg (2007). Tal acontecimento se deve ao fato de que o aumento da sensação de desconforto térmico não foi suficiente para causar estresse, como pode ser visto pelos resultados da temperatura média superficial e pela frequência respiratória.

No que diz respeito ao comportamento de ócio em pé, não houve diferença entre os tratamentos ao longo das horas do dia ($P > 0,05$). Para o comportamento de ócio deitado, houve diferença entre os tratamentos ao decorrer das horas do dia ($P < 0,05$) (Tabela 11).

Tabela 11 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ócio em pé e ócio deitado de vacas primíparas e múltiparas

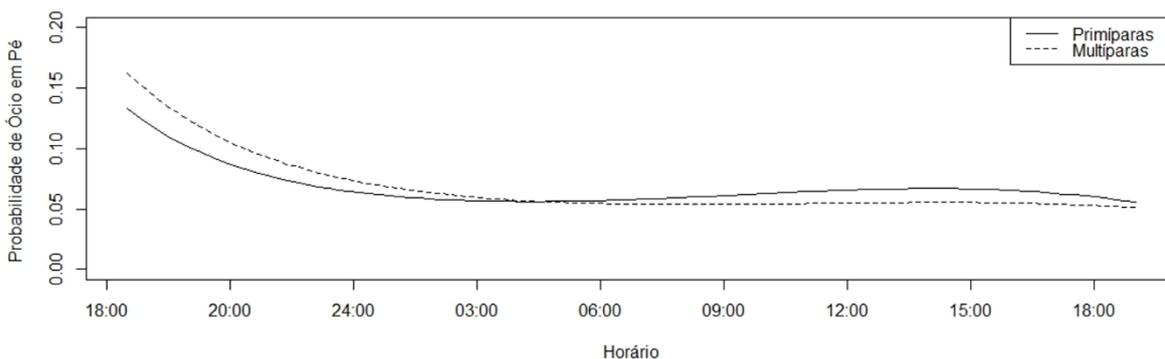
Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
ÓCIO EM PÉ				
α (Tratamento 1)	-1,751 \pm 0,24	-2,240	-1,281	*
α (Tratamento 2)	-1,518 \pm 0,18	-1,889	-1,171	*
β (Tratamento 1)	-0,125 \pm 0,01	-0,205	-0,044	*
β (Tratamento 2)	-0,124 \pm 0,02	-0,170	-0,076	*

π (Tratamento 1)	$-0,0000504 \pm 0,000026$	$-0,000101$	$-0,000000756$	*
π (Tratamento 2)	$-0,0000359 \pm 0,000013$	$-0,0000622$	$-0,00000889$	*
ρ (Tratamento 1)	$0,00469 \pm 0,0019$	$-0,000850$	$-0,00839$	*
ρ (Tratamento 2)	$0,00371 \pm 0,00099$	$-0,00176$	$-0,00562$	*
$\Delta (\alpha)$	$-0,233 \pm 0,300$	$-0,831$	$0,349$	NS
$\Delta (\beta)$	$-0,0000104 \pm 0,0471$	$-0,0933$	$0,0904$	NS
$\Delta (\pi)$	$-0,0000145 \pm$ $0,0000292$	$-0,0000723$	$0,0000415$	NS
$\Delta (\rho)$	$0,000878 \pm 0,00217$	$-0,00329$	$0,00509$	NS
ÓCIO DEITADO				
α (Tratamento 1)	$-2,868 \pm 0,21$	$-3,278$	$-2,462$	*
α (Tratamento 2)	$-1,964 \pm 0,15$	$-2,273$	$-1,666$	*
β (Tratamento 1)	$0,294 \pm 0,03$	$0,231$	$0,356$	*
β (Tratamento 2)	$-0,112 \pm 0,02$	$0,073$	$0,151$	*
π (Tratamento 1)	$0,000121 \pm 0,000019$	$0,0000846$	$0,000157$	*
π (Tratamento 2)	$0,0000128 \pm 0,000011$	$-0,00000895$	$0,0000347$	NS
ρ (Tratamento 1)	$-0,0115 \pm 0,0014$	$-0,0143$	$-0,00868$	*
ρ (Tratamento 2)	$-0,00310 \pm 0,00084$	$-0,00473$	$-0,00144$	*
$\Delta (\alpha)$	$-0,902 \pm 0,257$	$-1,410$	$-0,402$	*
$\Delta (\beta)$	$0,182 \pm 0,0378$	$0,109$	$0,258$	*
$\Delta (\pi)$	$0,000109 \pm 0,0000217$	$0,0000663$	$0,000150$	*
$\Delta (\rho)$	$-0,00840 \pm 0,00217$	$-0,0116$	$-0,00518$	*

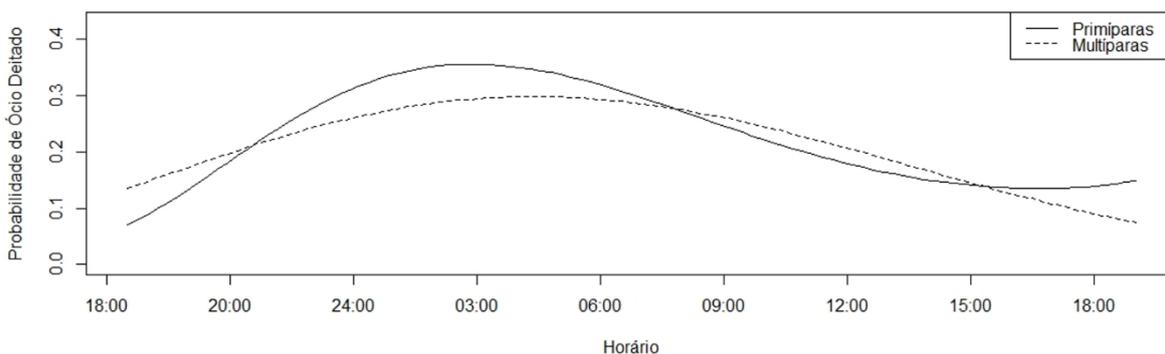
Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Multíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

A probabilidade de ocorrência de ambos os comportamentos foi influenciada pelo comportamento dos valores dos índices de conforto térmico (Figura 16). A maior probabilidade de ocorrência para ócio em pé se deu entre às 18:00 e 24 horas, quando os valores dos índices apresentaram os maiores valores e a maior probabilidade de ócio deitado se deu entre às 24:00 e 6:00 horas, quando os valores dos índices apresentaram os menores valores.



(a)



(b)

Figura 22 – Probabilidade de ócio em pé (a) e ócio deitado (b) de vacas primíparas (linha contínua) e múltíparas (linha tracejada) em sistema *compost barn*

A vacas primíparas apresentaram maior probabilidade de ócio deitado no período noturno, período esse que apresentaram menor probabilidade de comer e de andar. Observa-se que nos horários que cada grupo apresentou maior probabilidade para comer, também apresentaram menor probabilidade para ócio em pé. Desse modo, a diferença existente entre os tratamentos parece ter sido influenciada pelo comportamento de alimentação, uma vez que o consumo de alimentos gera a produção de calor metabólico, estimulando as vacas a permanecerem mais tempo de pé.

Um outro fator que pode ter moldado o comportamento de ócio através da alimentação é o fato de que a linha de coxo é uma área de intensa competição, onde os animais dominantes tem acesso preferencial. Neste local, como visto anteriormente através do comportamento de se alimentar, as vacas múltíparas têm acesso prioritário, o que provavelmente inibiu a busca de alimento pelas primíparas no período noturno e fez que elas permanecessem mais tempo em ócio deitado neste período.

No que diz respeito ao comportamento de ruminar em pé e ruminar deitado, esses comportamentos também foram influenciados pelas condições térmicas do ambiente. Não houve diferença para os comportamentos entre os tratamentos sob o ponto de vista de comparações bayesianas ($P > 0,05$) (Tabela 12).

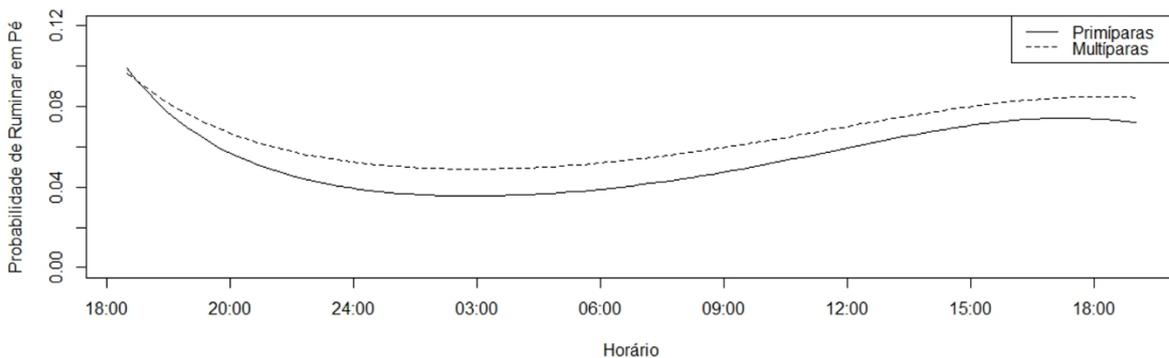
Tabela 12 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ruminando em pé e ruminando deitado de vacas primíparas e multíparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
RUMINANDO EM PÉ				
α (Tratamento 1)	-2,053 \pm 0,29	-2,634	-1,514	*
α (Tratamento 2)	-2,132 \pm 0,23	-2,604	-1,677	*
β (Tratamento 1)	-0,160 \pm 0,04	-0,252	-0,0628	*
β (Tratamento 2)	-0,107 \pm 0,02	-0,158	-0,0552	*
π (Tratamento 1)	-0,0000646 \pm 0,000029	-0,000120	-0,00000839	*
π (Tratamento 2)	-0,0000416 \pm 0,000014	-0,0000690	-0,0000139	*
ρ (Tratamento 1)	0,00624 \pm 0,0023	0,00184	0,0104	*
ρ (Tratamento 2)	0,00412 \pm 0,0010	0,00203	0,00619	*
Δ (α)	0,0798 \pm 0,37	-0,674	0,799	NS
Δ (β)	-0,0536 \pm 0,055	-0,159	0,0574	NS
Δ (π)	-0,0000230 \pm 0,0000324	-0,0000876	0,0000401	NS
Δ (ρ)	0,00212 \pm 0,00248	-0,00298	0,00698	NS
RUMINANDO DEITADO				
α (Tratamento 1)	-1,174 \pm 0,15	-1,479	-0,875	*
α (Tratamento 2)	-1,401 \pm 0,17	-1,742	-1,080	*
β (Tratamento 1)	0,0856 \pm 0,026	0,0360	0,136	*
β (Tratamento 2)	0,0832 \pm 0,019	0,0449	0,123	*
π (Tratamento 1)	0,0000307 \pm 0,000016	-0,00000107	0,0000635	NS
π (Tratamento 2)	0,0000196 \pm 0,000012	-0,00000273	0,0000428	NS
ρ (Tratamento 1)	-0,00349 \pm 0,0012	-0,00586	-0,00114	*
ρ (Tratamento 2)	-0,00296 \pm 0,00086	-0,00470	-0,00129	*
Δ (α)	0,227 \pm 0,23	-0,214	0,671	NS
Δ (β)	0,00236 \pm 0,033	-0,0611	0,0662	NS
Δ (π)	0,0000110 \pm 0,0000200	-0,0000278	0,0000506	NS
Δ (ρ)	-0,000532 \pm 0,00149	-0,00348	0,00234	NS

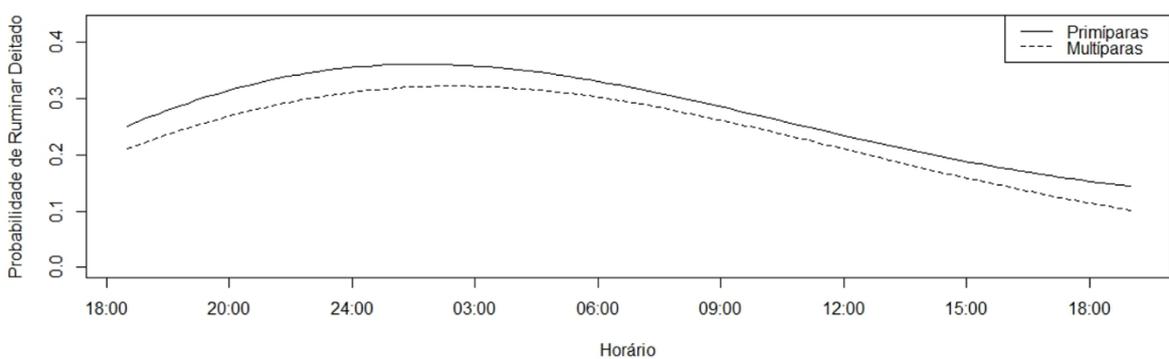
Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Multíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

Assim como para as duas formas de se permanecer em ócio, animais apresentaram maior probabilidade de ruminar em pé quando os índices apresentaram os maiores valores e o de ruminar deitado quando os índices apresentaram menores valores (Figura 23).



(a)



(b)

Figura 23 – Probabilidade de ruminar em pé (a) e ruminar deitado (b) de vacas primíparas (linha contínua) e múltiparas (linha tracejada) em sistema *compost barn*

Os resultados encontrados nesse trabalho encontram similaridade com os de Pilatti et al. (2018) que, ao estudarem o comportamento diurno de vacas mantidas em *compost barn*, detectaram que as vacas apresentaram maior probabilidade de ficarem deitadas pela manhã, quando os valores de ITU apresentaram os menores valores. De acordo com os referidos autores, os animais permaneceram mais tempo em pé nos horários de maior desconforto térmico para facilitar a perda de calor por convecção e evaporação.

Na presente pesquisa, ao se posicionar em pé nos horários de maior desconforto, as vacas se utilizaram desse mecanismo comportamental para expor maior área de superfície corporal ao ambiente e facilitar as trocas de calor por convecção e evaporação, o que seria dificultado caso essas permanecessem deitadas.

O comportamento de ofego apresentou baixa probabilidade de ocorrência e não havendo diferença entre os tratamentos ao decorrer das horas do dia com base em comparações bayesianas ($P > 0,05$) (Tabela 13).

Tabela 13 – Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de ofegar de vacas primíparas e multíparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
OFEGO				
α (Tratamento 1)	-4,446 \pm 0,60	-5,635	-3,238	*
α (Tratamento 2)	-5,093 \pm 0,77	-6,758	-3,668	*
β (Tratamento 1)	0,0177 \pm 0,096	-0,164	0,212	NS
β (Tratamento 2)	0,0677 \pm 0,099	-0,123	0,281	NS
π (Tratamento 1)	0,0000656 \pm 0,000061	-0,0000552	0,000188	NS
π (Tratamento 2)	0,0000732 \pm 0,0000708	-0,000125	0,000153	NS
ρ (Tratamento 1)	-0,00383 \pm 0,0046	-0,0130	0,00518	NS
ρ (Tratamento 2)	-0,00303 \pm 0,0047	-0,0131	0,00550	NS
Δ (α)	0,647 \pm 1,017	-1,278	2,77	NS
Δ (β)	-0,040 \pm 0,14	-0,323	0,226	NS
Δ (π)	0,0000582 \pm 0,000095	-0,000124	0,000247	NS
Δ (ρ)	-0,000803 \pm 0,0066	-0,0137	0,0123	NS

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Multíparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)

O ato de ofegar é um mecanismo de perda de calor por meio evaporativo de grande eficiência, porém de alto custo metabólico e se realizado por longos períodos pode trazer prejuízos ao animal.

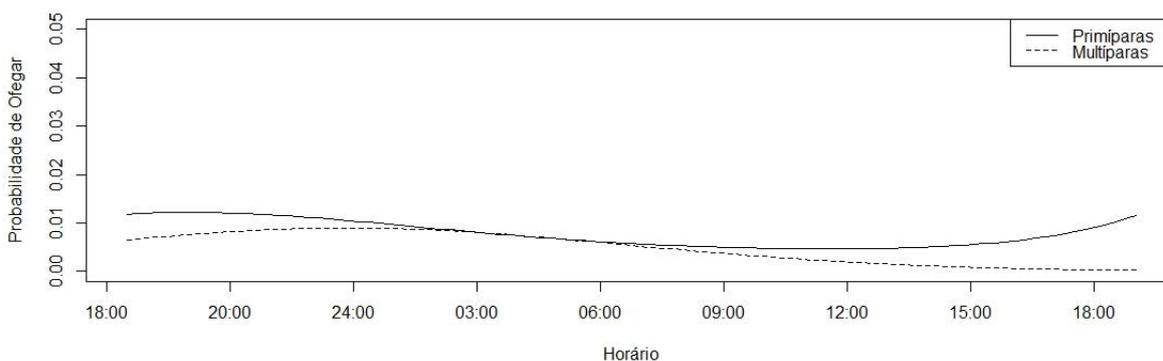


Figura 24 – Probabilidade de ofego de vacas primíparas (linha contínua) e multíparas (linha tracejada) em sistema *compost barn*

Na presente pesquisa, baixa probabilidade do comportamento de ofego é um indicativo de que as condições térmicas do galpão *compost barn* estudado proporcionaram boas condições de conforto térmico aos animais. (Figura 24).

5 CONCLUSÃO

Para as condições em que esse estudo foi realizado, as variáveis microclimáticas do ambiente térmico do galpão *compost barn* possuem variabilidade espacial. A temperatura do ar esteve fora dos limites recomendados no segundo intervalo de aferição, contudo, se a temperatura do ar for avaliada junto a umidade relativa do ar, toda a extensão do sistema *compost barn* forneceu condições de conforto para os animais. A velocidade do vento apresentou valores fora da faixa recomendada em todos os intervalos de aferição.

Baseado nos índices de conforto térmico e nas respostas fisiológicas, o ambiente térmico apresentou valores que os animais estavam em conforto térmico. Porém, o ambiente térmico mostrou possuir influência sobre as respostas fisiológicas de multíparas e primíparas, não havendo diferença entre essas categorias no que diz respeito a intensidade da resposta.

O comportamento de primíparas e multíparas foi influenciado pelo ambiente térmico. Primíparas apresentaram maior probabilidade de se alimentar e ingerir água durante os horários de maior desconforto térmico. Multíparas apresentaram maior probabilidade de andar na maior parte do dia. A maior probabilidade para ocorrência de ruminar e de permanecer em ócio em pé se deu nos horários com os maiores valores dos índices de conforto térmico, enquanto a maior probabilidade para o comportamento de ócio e ruminar deitado se deu quando os índices de conforto apresentaram os menores valores. O ato de ofegar apresentou baixa probabilidade de ocorrer e não houve diferença entre os tratamentos para tal comportamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLENDORF, J. J.; WETTEMANN, P. J. C. Does animal welfare influence dairy farm efficiency? A two-stage approach. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 11, p. 7730-7740, 2015.

ALMEIDA, G. L. P. et al. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 892-899, 2013.

ALMEIDA, G. L. P. et al. 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.

ALMEIDA, G. L. P. et al. Thermal efficiency of individual shelters for girolando calves in brazilian semi-arid regions. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 1, p. 13-23, 2016.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, M. A. **Respostas termorreguladoras e ambiente térmico de bovinos leiteiros criados em regiões de clima tropical**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Zootecnia). Fortaleza – UFC. 77.p. 2014.

ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2044–2050, 1994.

AVILA, A. S. et al. Evaluation and correlation of physiological parameters and bioclimatic indexes holstein cows in different seasons. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v. 14, n. 14, p. 2878-2884, 2013.

AZEVEDO, M. et al. 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, p. 2000-2008, 2005.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 1997. p. 245.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Ed. UFV, 2010.

BARBERG, A. E. et al. Performance and welfare of dairy cows alternative housing system in Minnesota. **Journal of dairy science**, v, 90, n. 3, p. 1575 – 1583, 2007.

BARKEMA, H. W. et al. Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 11, p. 7426-7445, 2015.

BENNETT, R. M. et al. Moral intensity and willingness to pay concerning animal welfare issues and their importance for agricultural policy. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 5, p. 187-202, 2002.

BERMAN, A. Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates?. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2147-2158, 2011.

BERTONCELLI, P. et al. Conforto térmico alterando a produção leiteira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 762-777, 2013.

BEWLEY, J. et al. Compost bedded pack barn design: features and management considerations. Disponível em: <<http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id206/id206>>. Acesso: 19 de janeiro de 2019

BEWLEY, J. M. et al. Guidelines for managing compost bedded-pack barns. **Dairy Pr. Council.**, 2013.

BLACK, R. A. et al. The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 5, p. 2669-2679, 2014.

BOND, T.E.; KELLY, C.F.; ITTER, N.R. Radiation studies of painted shade materials. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.35, n.6, p.389-92, 1954.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; GOMES, S. P. Regulação da ingestão de alimentos. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. ;FERREIRA,P. D. S. Alimentação de gado de leite – Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 412 p.

BOUISSOU, M. F, et al. The social behaviour of cattle. In: KEELING, L. J; GONYOU, H. W. (Eds) **Social behaviour in farm animals**, Nova York, CABI Publishing, CAP. 5 p. 113-145, 2001.

BRITO, E. C. et al. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. Dissertação de mestrado (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Juiz de Fora – UFJF. 57.p. 2016.

BROOM, D, M.; JOHNSON, K. G. Stress and animal welfare. **Springer Science & Business Media**, 1993.

BROOM, D. M. Bienestar animal: conceptos, métodos de estudio e indicadores. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 24, n. 3, p. 306-321, 2011.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v.142, p. 524 – 526, 1986.

BROOM, D. M.; FRASER, A.F. **Domestic Animal Behaviour and Welfare**. Ed.4, Wallingford: CAB International, pp.180-207, 2007.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: Conceito e Questões relacionadas revisão. **Archives of veterinary Science**, v. 9, n. 2, 2004.

BRUIJNIS, M. et al. Dairy farmers' attitudes and intentions towards improving dairy cow foot health. **Livestock Science**, v. 155, n. 1, p. 103-113, 2013.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

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.

2264, 2008.

CARDOT, V., LE ROUX, Y.; JURJANZ, S. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n.6, p.2257–

CARVALHO, T. M. R. et al. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 194-202, 2012.

CASTANHEIRA, M. **Análise multivariada de característica que influenciam a tolerância ao calor em equinos ovinos e bovinos. 2009. 107 f.** 2009. Tese de Doutorado. (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

CATTELAM, J.; VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 108, p. 587-588, 2013.

COOK, N. B. et al. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1674-1682, 2007.

CURTIS, S. E. Environmental management in animal agriculture. **The Iowa State University**: Ames, 1983. 410p.

DANTAS, M. R. T. et al. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 7, Ed. 194, Art. 1306, 2012.

DOMINGOS, H.G.T. et al. Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region. **Livestock Science**, v.154, p.169– 174, 2013.

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

ECKELKAMP, E. A. et al. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v. 190, p. 35-42, 2016.

EKINCI, K. et al. 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, 2006.

ENDRES, M. I. Compost Bedded Pack Barns – Can They Work For You? **WCDS Advances in Dairy Technology**, v.21 p. 271-279, 2009.

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, Univ. of Nebraska-Lincoln**, 2008.

ESMAY, Merle. L. Principles of animal environment. Westport: AVI, 1978. 358 p.

FAÇANHA, D. A. E. et al. Produção de leite e respostas fisiológicas de vacas da raça Holandesa em ambiente quente. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 10, n. 3, p. 208-215, 2016.

FARIA, F. F. et al. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2498-2506, 2008.

FARIA, F. Flor et al. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2498-2506, 2008.

FERREIRA, F. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico Physiologic parameters of crossbred cattle subjected to heat stress. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 732-738, 2006.

FREITAS, A. C. B.; QUIRINO, C. R.; BASTOS, R. Bem-estar de ovinos: Revisão. **PUBVET**, v. 11, p. 1-102, 2017.

FUQUAY, J. W. et al. Encyclopedia of dairy sciences. **Academic Press**, 2011

GALAMA, P. et al. **Prospects for bedded pack barns for dairy cattle**. Wageningen UR Livestock Research, 2011.

GARCIA, A. B. et al. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical animal health and production**, v. 47, n. 5, p. 889-894, 2015.

GARCIA, P. R. **Galpão freestall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem estar animal**. 2017. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo.

GONÇALVES, I. C. M. Diagnóstico das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico em diferentes apriscos localizados no sertão pernambucano. 2015. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2015.

GONÇALVES, I. C. M.; TURCO, S. H. N.; RAMOS, C. M. Spatial variability of air temperature in a free-stall in the Northeastern semi-arid region of Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 67-71, 2016.

GONYOU, H. W. Behavioral methods to answer questions about sheep. **Journal of animal science**, v. 69, n. 10, p. 4155-4160, 1991.

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

GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. **Journal of animal science**, v. 73, n. 9, p. 2791-2803, 1995.

HÖTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. **Revista de etologia**, v. 6, n. 1, p. 3-15, 2004.

HUZZEY, J. M. et al. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 126–133, 2006.

JANNI, K. A. et al. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97, 2007.

JANNI, K. A. et al. Compost dairy barn layout and management recommendations. In: ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Boston, MA, Vol. 23, 2006. p. 97-102.

JÚNIOR, A. J. O. **Dispositivo móvel para análise de conforto térmico e ambiência**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia). Botucatu – São Paulo - UNESPE. 82.p. 2016.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock production science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.

YONJAMEDIA. Cow coloring page gallery holstein cow coloring page. Disponível em: <<https://www.yonjamedia.com/cow-coloring-page/coloring/attachment/cow-coloring-page-gallery-holstein-cow-coloring-page/>>. Acesso em: 18 janeiro de 2019.

KLAAS, I. C. et al. Cultivated barns for dairy cows-an option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark? **Dansk Veterinærtidsskrift**, v. 93, n. 9, p. 20-29, 2010.

KÖBRICH, K. et al. El bienestar animal como um atributo de diferenciación en la compra de alimentos de origen animal. **Economia Agraria**, v. 6, p. 251-259, 2001.

LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E. Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações. Guaíba: Agropecuária, 2001. 118 p.

LEÃO, J. M., et al. Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão. **Cad. téc. vet. zootec**, p. 97-109, 2015.

LEME, T. M. S. P. et al. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LESO, L. et al. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 3, p. 17, 2013.

LINHARES, A. S. F., et al. Respostas fisiológicas e manejo adequado de ruminantes em ambientes quentes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 27-33, 2015.

LOBECK, K. M. et al. 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.

LUZ, C. S. M., et al. Adaptive thermal traits in farm animals. **JABB-Online Submission System**, v. 4, n. 1, p. 6-11, 2016.

MANZIONE, R. L.; RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada na avaliação de parâmetros químicos do solo. In: BALASTREIRE, L. A. Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no período de 1999-2001. Piracicaba, 2002. 347 p.

MANZIONE, R. L.; RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada na avaliação de parâmetros químicos do solo. In: BALASTREIRE, L. A. Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no período de 1999-2001. Piracicaba, 2002. 347 p

MARÍA, G. A. Public perception of farm animal welfare in Spain. **Livestock Science**, v. 103, n. 3, p. 250-256, 2006.

MARTELLO, L. S. et al. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International journal of biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 647-652, 2010.

MARTELLO, L. S. et al. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 263-273, 2004.

MATARAZZO, S. V. et al. Monitoramento eletrônico das respostas comportamentais de vacas em lactação alojadas em freestall climatizado. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 1, p. 40-49, 2007.

MILANI, A.P; SOUZA, F.A. Granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto-SP. **Engenharia Agrícola**, 2010.

MOLENTO, C. F. M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos - Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MONTEIRO, A. V. **Influência da ingestão de água por vacas leiteiras durante a ordenha em diferentes estágios de lactação**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências). Pelotas - UFPel. 46p. 2016.

MOURA, A. K. et al. Influências bioclimáticas e de ambiência no bem-estar de vacas leiteiras. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 32, Ed. 137, Art. 926, 2010.

National Environment Science.3 (1): 42-50, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NCR. Requerimentos nutricionais de pequenos ruminantes: ovinos, caprinos, cervídeos, camelídeos do novo mundo. Washington, D.C. 2007. 384p.

NIKKHAH, A. et al. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 8, p. 2749-2753, 2005.

NÓBREGA, G. H. et al. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2011.

OFNER-SCHRÖCK, E. et al. Compost Barns for Dairy Cows—Aspects of Animal Welfare. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 5, n. 02, p. 124, 2015.

OLIVEIRA et al. Geoestatística aplicada a distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações Compost Barn com diferentes sistemas de ventilação. **CIÊNCIA ET PRAXIS**, v.09, n. 18, 2016.

OLOFSSON, J. Competition for total mixed diets fed ad libitum intake using one or four cows per feeding station. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.1, p.69-79, 1999.

OLTENACU, P. A.; Broom, D. M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. **Animal welfare**, v. 19, n. 1, p. 39-49, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE ANIMAL - OIE (Ed.) **Chapter 7.1.: Introduction to the recommendations for animal welfare**. 2016. Disponível em <http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_introduction.htm> Acesso em: 16 de maio de 2017.

PAIXÃO, R. L. É possível garantir bem-estar aos animais de produção. **Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária**, v. 11, n. 36, p. 66-73, 2005.

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

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. FEPMVZ, 2005.

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.

PHILLIPS, C. J. C.; RIND, M. I. The effects of social dominance on the production and behavior of grazing dairy cows offered forage supplements. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 1, p. 51-59, 2002.

PILATTI, J. A. et al. 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.

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

POLLI, V. A. et al. Comportamento de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p. 127-131, 1995.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A.G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017.

POTRICH, D. C. Variabilidade espacial de atributos do solo e correlação com a produtividade da cultura da soja. 2012. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

QUEIROZ, M. L. et al. Percepção dos consumidores sobre o bem-estar dos animais de produção em Fortaleza, Ceará. **Revista ciência agrônômica**, v. 45, n. 2, p. 379-386, 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org>> Acesso em 16 agosto de 2017.

RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema compost barn em regiões subtropicais brasileiras**. Dissertação de mestrado (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 de Mestrado. (Mestrado em Medicina Veterinária). Lisboa: UL. - FMV. 79.p. 2015.

RENSIS, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, v. 84, n. 5, p. 659-666, 2015.

RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, P.J. geoR: a package for geostatistical analysis. **R news**, v. 1, n. 2, p. 14-18, 2001.

RODRIGUES, V. C. et al. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2011.

RUSHEN, J.; BUTTERWORTH, A.; SWANSON, J. C. Farm animal welfare assurance: Science and application. **Journal of Animal Science**, v. 89 n. 4, p. 1219–1228, 2011.

SANTOS, J. E. P.; SANTOS, F. A. P. Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL**. 1998. p. 165-214.

SÁROVÁ, R. et al. Pay respect to the elders: age, more than body mass, determines dominance in female beef cattle. **Animal Behaviour**, v.86, p.1315-1323, 2013.

SCHAEFER, A. L. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Research in veterinary science**, v. 93, n. 2, p. 928-935, 2012.

SCHALY, L. M. et al. Percepção do consumidor sobre bem-estar de animais de produção em Rio Verde, GO. **PUBVET**, v. 4, p. 962-967, 2010.

SCHNEIDER, P. L.; BEEDE, D. K.; WILCOX, C. J. Nycterohemeral Patterns of Acid-Base Status, Mineral Concentrations and Digestive Function of Lactating Cows in Natural or Chamber Heat Stress Environments 1, 2. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 1, p. 112-125, 1988.

SCHRÖEDER, M. J. A.; McEACHERN, M. G. Consumer value conflicts surrounding ethical food purchase decisions: a focus on animal welfare. **International Journal of Consumer Studies**, v. 28, p. 16-177, 2004.

SEJIAN, V. et al. Climate change: impact on production and reproduction, adaptation mechanisms and mitigation strategies in small ruminants: a review. **Indian J Small Rumin**, v. 19, n. 1, p. 1-21, 2013.

SESSLER, D. I. Consequences and treatment of perioperative hypothermia. **Anesthesiology Clinics of North America**, v. 12, n. 3, p. 425-456, 1994.

SHANE, E. M. et al. 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.

SILVA, R. G. **Trocas térmicas através da superfície corporal**. Palestra ministrada na UFCG, Campus de Patos, PB, em 22 de maio de 2012.

SILVA, É. C. L. et al. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 3, 2009.

SILVA, G. A. et al. Respostas comportamentais de novilhas leiteiras confinadas submetidas ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Boletim de indústria animal**, v. 70, n.3, p. 261 – 268, 2013.

SILVA, I. J. O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. **Anais.. Piracicaba: FEALQ**, 1998.

SILVA, I. M. Automação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 96f. Recife, PE. 2011.

SILVA, I. M. et al. Análise espacial das condições térmicas do ambiente pré-ordenha de bovinos leiteiros sob regimes de climatização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 903-910, 2012.

STÖBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral. In: DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. **Exame clínico dos bovinos**.3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p.44-80.

TANNEMBAUM, J. Ethics and animal welfare: the inextricable connection. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.198, p.1360-1376, 1991.

TERRIEN, J. et al. Behavioral thermoregulation in mammals: a review. **Front Biosci**, v. 16, p. 1428-1444, 2011.

THOM, E. C. Cooling degree - day air conditioning, heating and ventilating.**Transactions of the ASAE**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

TORRES-JÚNIOR, J. R. S. et al. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, v. 69, n. 2, p. 155-166, 2008.

TSEIMAZIDES, S. P. **Efeito do manejo pré-abate de bovinos no bem-estar e qualidade da carcaça**. 2016. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

VAL-LAILLET, D. et al. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 111, n. 1-2, p. 158-172, 2008.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F. Alvarez V., V. H.; Schaefer, C. E. G. R. (ed.). **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.1, p.1-53, 2000.

VILELA, R. A. et al. Physiological and behavioral responses of Holstein cows housed under cooling system. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1379-1384, 2013.

WAGNER, P. E. Bedded pack shelters. **Lancaster Farming**, v. 47, n. 20, p. 36, 2002.

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

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

YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e classificação de reservas minerais**. Edusp, 2001.

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. et al. A reevaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy

cows. In: **Proceedings of Southwest Nutrition and Management Conference.**
University of Arizona, Tucson, 2009. p. 158-169.

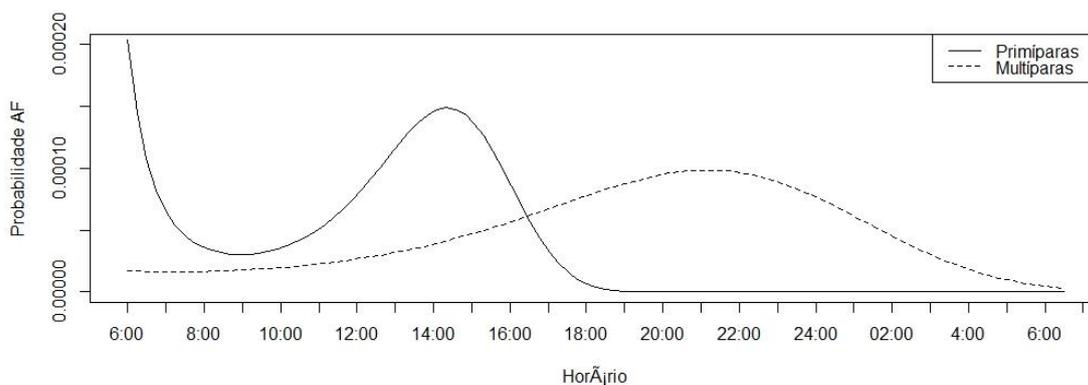
APÊNDICE B – Tabela e figura correspondente ao comportamento de afugentar

Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de afugentar de vacas primíparas e múltiparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
AFUGENTAR				
α (Tratamento 1)	-7,679 \pm 4,22	-19,610	-2,036	*
α (Tratamento 2)	-0,094 \pm 3,83	-19,480	-5,478	*
β (Tratamento 1)	-0,909 \pm 0,84	-2,590	0,928	NS
β (Tratamento 2)	0,0506 \pm 0,250	-0,542	0,446	NS
π (Tratamento 1)	-0,00249 \pm 0,00180	-0,00617	0,00040	NS
π (Tratamento 2)	-0,000163 \pm 0,000130	-0,000485	0,0000571	NS
ρ (Tratamento 1)	0,0918 \pm 0,0707	-0,0394	0,239	NS
ρ (Tratamento 2)	0,00846 \pm 0,00893	-0,00768	0,0303	NS
Δ (α)	0,326 \pm 5,483	-8,423	14,230	NS
Δ (β)	-0,858 \pm 0,18	-2,613	1,127	NS
Δ (π)	-0,00232 \pm 0,0018	-0,00602	0,000591	NS
Δ (ρ)	0,0833 \pm 0,072	-0,0591	0,230	NS

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Múltiparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)



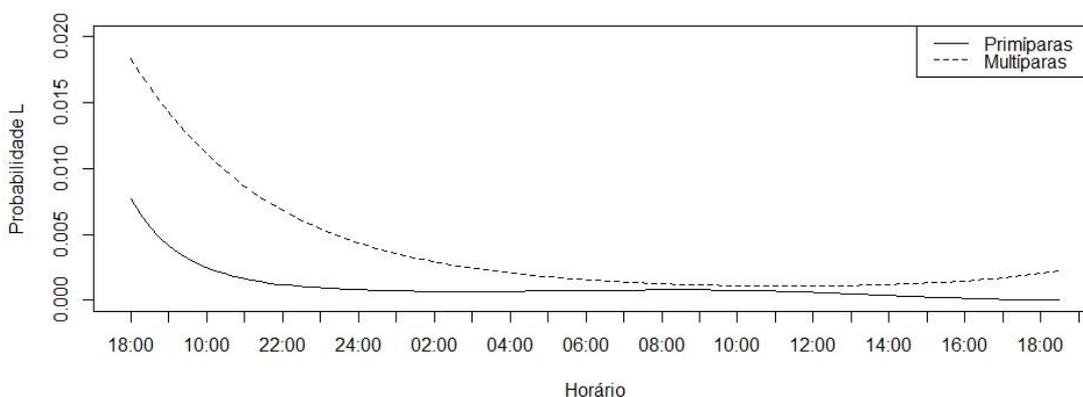
APÊNDICE C - Tabela e figura correspondente ao comportamento de lamber

Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de lamber de vacas primíparas e múltiparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
LAMBER				
α (Tratamento 1)	-4,494 \pm 1,17	-7,159	-2,633	*
α (Tratamento 2)	-3,847 \pm 0,56	-4,964	-2,792	*
β (Tratamento 1)	-0,377 \pm 0,23	-0,850	0,0456	NS
β (Tratamento 2)	-0,131 \pm 0,11	-0,341	0,101	NS
π (Tratamento 1)	-0,000224 \pm 0,00020	-0,000633	0,00011	NS
π (Tratamento 2)	-0,0000262 \pm 0,000085	-0,000114	0,00021	NS
ρ (Tratamento 1)	0,0164 \pm 0,013	-0,0686	0,0423	NS
ρ (Tratamento 2)	0,000429 \pm 0,0058	-0,0129	0,0100	NS
Δ (α)	-0,647 \pm 1,32	-3,466	1,588	NS
Δ (β)	-0,245 \pm 0,18	-0,730	0,243	NS
Δ (π)	-0,000250 \pm 0,00021	-0,000690	0,00011	NS
Δ (ρ)	0,0159 \pm 0,014	-0,00928	0,0440	NS

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Múltiparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)



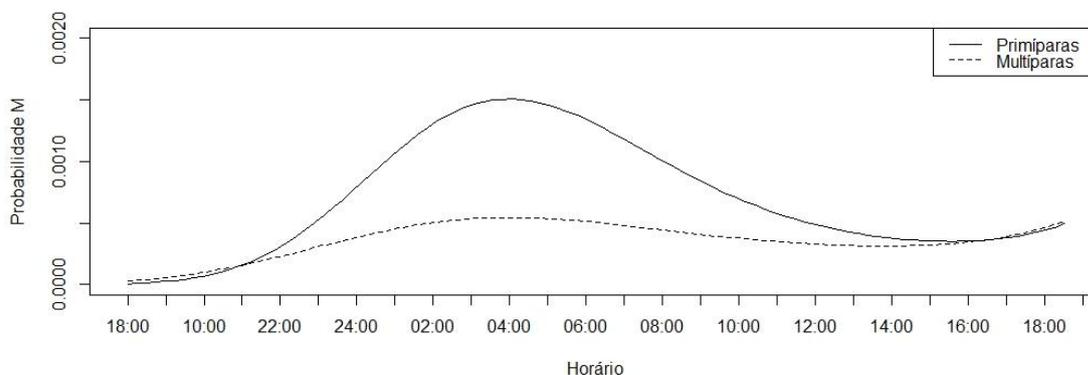
APÊNDICE D - Tabela e figura correspondente ao comportamento de montar

Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de montar de vacas primíparas e múltiparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
MONTAR				
α (Tratamento 1)	-0,122 \pm 5,19	-26,200	-5,840	*
α (Tratamento 2)	-0,107 \pm 3,78	-19,040	-5,475	*
β (Tratamento 1)	0,656 \pm 0,69	-0,369	2,368	NS
β (Tratamento 2)	0,374 \pm 0,47	-0,297	1,432	NS
π (Tratamento 1)	0,000237 \pm 0,00034	-0,000467	0,00090	NS
			4	
π (Tratamento 2)	0,000146 \pm 0,00021	-0,000205	0,00058	NS
			4	
ρ (Tratamento 1)	-0,0230 \pm 0,028	-0,0829	0,0266	NS
ρ (Tratamento 2)	-0,0135 \pm 0,018	-0,0524	0,01521	NS
Δ (α)	-0,153 \pm 6,31	-18,240	9,400	NS
Δ (β)	0,282 \pm 0,82	-1,256	2,273	NS
Δ (π)	0,0000902 \pm 0,00038	-0,000666	0,00085	NS
			7	
Δ (ρ)	-0,00956 \pm 0,032	-0,0801	0,0499	NS

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Múltiparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)



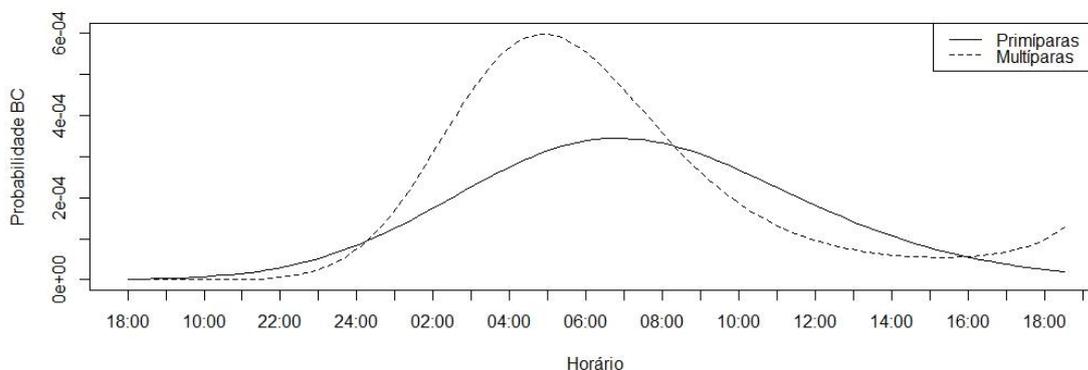
APÊNDICE E - Tabela e figura correspondente ao comportamento de brincar com a cama

Estimativas a posteriori de parâmetros (média \pm desvio padrão e intervalo de credibilidade) do comportamento de brincar com a cama de vacas primíparas e múltiparas

Parâmetro	Média \pm Desvio Padrão	Percentil		Significância
		2.50%	97.50%	
BRINCAR COM A CAMA				
α (Tratamento 1)	-0,139 \pm 6,46	-27,246	-4,793	*
α (Tratamento 2)	-0,223 \pm 1,059	-53,360	-8,268	*
β (Tratamento 1)	0,496 \pm 0,85	-0,858	2,161	NS
β (Tratamento 2)	1,586 \pm 1,14	0,0152	4,266	*
π (Tratamento 1)	0,0000662 \pm 0,00042	-0,000654	0,00085	NS
π (Tratamento 2)	0,000534 \pm 0,00045	-0,000170	0,00158	NS
ρ (Tratamento 1)	-0,0196 \pm 0,034	-0,0764	0,0421	NS
ρ (Tratamento 2)	-0,0531 \pm 0,0402	-0,142	0,00380	NS
Δ (α)	8,369 \pm 0,12	-11,375	0,349	NS
Δ (β)	-1,109 \pm 1,32	-4,0637	1,178	NS
Δ (π)	-0,000467 \pm 0,00057	-0,00165	0,00050	NS
Δ (ρ)	0,0411 \pm 0,048	-0,044	0,145	NS

Tratamento 1 = Primíparas; Tratamento 2 = Múltiparas; NS = Não significativo.

* Significativo com base em comparações bayesianas ($P < 0,05$)



ANEXO A – Parecer de Aprovação de projeto da Comissão de Ética no Uso de Animais **CEUA**



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Dois Vizinhos
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



PROJETO DE PESQUISA / AULA PRÁTICA

Título:	Variabilidade espacial do microclima em galpão compost bran: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras
Área Temática:	Produção Animal
Pesquisador / Professor:	Prof. Dr. Frederico Márcio Correa Vieira
Instituição:	UTFPR/ <i>campus</i> Dois Vizinhos
Financiamento:	Não há
Versão:	01

PARECER CONSUBSTANCIADO DA CEUA		Protocolo nº 2017-015
<p>Apresentação do Projeto: O Compost Barn tem sido a aposta de produtores brasileiros, principalmente os da região Sul do país, para oferecer conforto e assegurar o bem-estar dos animais geneticamente superiores na produção de leite. Porém, com a falta de critérios no dimensionamento da climatização, alguns fatores climáticos podem afetar negativamente a termorregulação e comportamento dos animais, levando-os a se aglomerarem em locais confortáveis, comprometendo a correta compostagem da cama do sistema. Desta forma, objetiva-se por meio deste trabalho, investigar se a variabilidade espacial do galpão tipo compost barn possui influência sobre a termorregulação e comportamento de vacas leiteiras e na qualidade da cama do sistema, que será de maravalha de eucalipto. O experimento utilizará 20 animais da raça holandesa alojados em galpão compost barn de dimensões de 70 metros de comprimento por 43 metros de largura, com área total de 3010 m², dispondo de duas pistas de trato com 3,80m de largura por 70 metros de comprimento, com pé direito de 5 metros e a parte interna mais alta de 8,5 metros até o lanternim, e ocorrerá nos meses de inverno (agosto e setembro) e verão (janeiro e fevereiro). A frequência de avaliações será de duas avaliações mensais de comportamento (avaliações ocorrerão entre 09 e 13h, 15 e 21h, 23 às 9 h), variáveis climáticas do ambiente, termorregulação e de temperatura e umidade da cama. A termorregulação das vacas será avaliada a intervalos de 3 em 3 horas (às 9, 12 e 15 h), oportunizando aos avaliadores um período de uma hora para o registro dos dados. A frequência respiratória (mov./min) será aferida por meio de contagem visual de movimentos do flanco, durante 15 segundos e posteriormente, multiplicado por quatro para se obter a frequência por minuto (MARTELLO et al., 2010). Para medir a temperatura superficial dos animais será empregada uma câmera infravermelha, com coleta de foto do lado direito, esquerdo olho direito, visão lateral do úbere direito, visão posterior do úbere e para dianteira direita (DALTRO, 2014), sem contudo, interferir na condição normal em que se encontra o animal, já que os observadores se manterão a aproximadamente 10 metros de distância dos mesmos, evitando interferir nas atividades normais dos animais. Os dados comportamentais serão anotados em planilhas de campo e os comportamentos serão avaliados por meio de um etograma. Os atributos microclimáticos serão utilizados para se obter o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo Negro (ITGU), a Carga Térmica Radiante (CTR) e o Mapa de Variabilidade Espacial. Espera-se que os resultados a serem alcançados por meio deste trabalho sirvam de base para auxiliar produtores e pesquisadores a compreenderem a influência da variabilidade espacial no galpão tipo compost barn na termorregulação, comportamento dos animais e compostagem da cama do sistema. Os animais serão divididos em dois grupos de 10 animais cada, sendo um tratamento as primíparas e o outro as múltiparas. O critério foi tomado com base em estudos prévios sendo os resultados obtidos submetidos à ANOVA, com avaliação das diferentes médias pelo teste de Tukey (p<0,05) e análise de regressão para os índices de desempenho e contraste ortogonal para demais parâmetros.</p>		
<p>Objetivo:</p> <p>Geral: Averiguar se a variabilidade espacial do galpão compost barn possui influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras em diferentes ordens de parto.</p> <p>Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analisar se o comportamento e termorregulação de vacas múltiparas e primíparas é influenciado pelo ambiente térmico em diferentes pontos do galpão no sistema compost barn; 2. Analisar se o ambiente térmico do sistema compost barn influencia a variação do conteúdo de umidade da cama em diferentes pontos; 		
<p>Avaliação dos Riscos e Benefícios:</p> <p>O projeto apresenta baixo risco para o bem-estar animal (G11), visto que a técnica de amostragem de</p>		



termorregulação e comportamento não irão interferir na condução natural dos animais no galpão. Não ocorrerá o abate e retirada de efluentes dos animais, uma vez que após a determinação os animais serão mantidos no sistema em produção leiteira. Como benefícios espera-se que essas determinações sirvam de base para o dimensionamento correto de sistemas como este, atuando diretamente no bem-estar dos animais.
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa: Os resultados a serem alcançados por meio desta pesquisa possibilitará a produção de conhecimento científico, por hora inexistente, no que diz respeito à variabilidade espacial do microclima em galpões do tipo compost barn e a sua influência na termorregulação e no comportamento de vacas leiteiras, bem como na variação da umidade da cama. Os resultados servirão como base para orientar técnicos, produtores e pesquisadores na tomada de decisão quanto a mudanças/adaptações que possivelmente devem ser realizadas no intuito de aumentar o conforto e melhorar o bem-estar dos animais mantidos neste tipo de instalação.
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória: Foram apresentados os seguintes documentos, todos em conformidade com o solicitado: Requerimento preenchido completamente e assinado pelo pesquisador responsável pelo projeto; formulário unificado de encaminhamento do CEUA/UTFPR/DV; projeto de pesquisa completo no modelo CNPq; declaração de não início do projeto (com assinatura e data); registro de projeto junto à DIRPPG; declaração do veterinário responsável pelos animais e termo de consentimento de uso dos animais pelo proprietário da fazenda.
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações: Não há.
Situação do Parecer:
Considerações Finais a Critério da CEUA: Todos os procedimentos devem seguir a lei nº 11.794 de 8 de outubro de 2008.

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Variabilidade espacial do microclima em galpão compost bran: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras", protocolo nº 2017/015, sob a responsabilidade de **Frederico Márcio Correa Vieira** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA-UTFPR) da UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, em reunião de 08/08/2017.

Vigência do projeto:	09/08/2017 a 25/02/2018
Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica
Espécie/linhagem:	Bovinos leiteiros; Holandesa
Número de animais:	20
Peso/Idade:	500 Kg; 2 a 6 anos
Sexo:	Fêmeas
Origem:	Fazenda de Leite palmense

Dois Vizinhos, 9 de agosto de 2017.

Assinado por:

Nédia de Castilhos Ghisi

Nédia de Castilhos Ghisi
Presidente do CEUA - UTFPR
Comissão de Ética no
Uso de Animais

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná