

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

ALINE CRISTINA ZAMBIASI DOS SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO CONTEÚDO DE UMIDADE DA
CAMA E DO AMBIENTE TÉRMICO EM SISTEMA COMPOST BARN**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS
2019

ALINE CRISTINA ZAMBIASI DOS SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO CONTEUDO DE UMIDADE DA
CAMA E DO AMBIENTE TÉRMICO EM SISTEMA COMPOST BARN**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial à obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Marcio Corrêa Vieira.

Coorientador: Zoot. Alessandro Augusto Soares.

DOIS VIZINHOS

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Gerência de Ensino e Pesquisa
Curso de Zootecnia



FOLHA DE APROVAÇÃO

TCC

VARIABILIDADE ESPACIAL DO CONTEÚDO DE UMIDADE DA CAMA E DO AMBIENTE TÉRMICO EM SISTEMA COMPOST BARN

Autor: Aline Cristina Zambiasi Dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Frederico Marcio Corrêa Vieira.

Co-orientador: Mestre Zoot. Allessandro Augusto Soares.

TITULAÇÃO: Zootecnista

APROVADA em 18 de Junho de 2019.

Profa. Dra. Emilyn Maeda Midori

Mestrando Jefferson Cavazzana

Prof. Dr. Frederico Marcio Corrêa Vieira
(Orientador)

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, e pela família maravilhosa a qual faço parte. Aos meus pais deixo aqui registrado que eles são os maiores responsáveis por eu ter chegado até aqui, pois sozinha não conseguiria, vocês me apoiaram, se dedicaram e sonharam esse sonho junto comigo. Meus agradecimentos ao meu esposo Vinícius que esteve ao meu lado me acalmando quando eu pensava que já não era capaz. Aos meus amigos (as) que me ajudaram a vencer as dificuldades e que estão juntos comigo nessa etapa. Meus “irmãos” Tainara Lamberts e Alessandro Soares, vocês são incríveis, obrigada por toda a ajuda e apoio.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Frederico Marcio Correa Vieira, o qual tenho grande admiração e respeito. Obrigada Prof. por todo o apoio e confiança a mim depositada.

Aproveito para agradecer a todos os professores que fizeram parte da minha caminhada até aqui, obrigada por todo o ensinamento passado.

Ao professor Dr. Douglas Henrique (IN MEMORIAN) por todo o ensinamento e conhecimento passado, pelas contribuições ao meu trabalho e pela amizade.

Todos aqui citados são de grande importância nesse processo de formação. Obrigada a todos.

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza dos seus sonhos”.

Eleanor Roosevelt

RESUMO

SANTOS, A.C.Z., Variabilidade espacial do conteúdo de umidade da cama e do ambiente térmico em sistema *compost barn*. 2019. 27 f. Trabalho (conclusão de curso) – Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos 2019.

Em sistemas de criação do tipo *compost barn*, a variabilidade espacial pode ser utilizada para explicar a organização e aglomeração dos animais em determinados pontos no galpão. Essa distribuição heterogênea de animais pode resultar em compactação da cama, acúmulo de dejetos orgânicos, os quais influenciarão na umidade da cama e na qualidade final do material da compostagem. Desse modo, objetivou-se por meio deste trabalho avaliar se o ambiente térmico do sistema *compost barn* possui influência no microclima do galpão, na variação da temperatura e no conteúdo de umidade da cama. As variáveis microclimáticas (velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa) foram coletadas em 108 pontos do galpão localizado na comunidade São Luiz do Chopim, na cidade de Dois Vizinhos – PR no período de outubro de 2017 a fevereiro de 2018, totalizando nove coletas. Os intervalos foram regulares de 2,5 m, na forma de malha, juntamente com a temperatura e umidade da cama, as quais foram obtidas a 20 cm de profundidade. Utilizou-se de geoestatística e para as análises estatísticas e elaboração dos mapas de krigagem aplicou-se o software estatístico R, através do pacote geoR. O ambiente térmico do sistema apresenta influência sobre a variação do conteúdo de umidade da cama. A velocidade do vento encontrada apresentou-se abaixo do recomendado, assim como a temperatura e o teor de umidade da cama, resultando em compostagem quase que inexistente. Por outro lado a umidade relativa do ar encontrou-se dentro do referenciado em literatura, podendo ser usado sistema de *compost barn* em regiões de clima tropical sem que haja interferência ao estresse térmico e conseqüentemente ao bem estar animal.

Palavra chave: Ambiência, bovinocultura de leite, confinamento.

ABSTRACT

SANTOS, A.C.Z., Spatial variability of bed moisture content and thermal environment in compost system barn. 2019. 27 f. Work (conclusion of course) - Graduate Program in Bachelor of Science in Animal Science, Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos 2019.

In compost barn type systems, spatial variability can be used to explain the organization and agglomeration of animals at certain points in the shed. This heterogeneous distribution of animals can result in compaction of the bed, accumulation of organic waste, which will influence the humidity of the bed and the final quality of the compost material. Thus, the objective of this work was to evaluate if the thermal environment of the compost barn system influences the microclimate of the shed, the temperature variation and the moisture content of the bed. The microclimatic variables (wind speed, air temperature and relative humidity) were collected at 108 points of the shed located in the São Luiz do Chopim community, in the city of Dois Vizinhos - PR, from October 2017 to February 2018, totaling nine collections. The intervals were regular 2.5 m in mesh form, together with the temperature and humidity of the bed, which were obtained at 20 cm depth. Statistical analysis was performed using geo-statistics, and the statistical software R was applied through the geoR package. The thermal environment of the system influences the variation of the moisture content of the bed. The wind velocity found was below recommended, as well as the temperature and moisture content of the bed, resulting in almost non-existent composting. While the relative air humidity was within the literature referenced, it can be used compost barn system in regions of tropical climate without interference to thermal stress and consequently to animal welfare.

Key words: Ambience, dairy cattle, confinement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Animais utilizados para o experimento	13
Figura 2 - Croqui ilustrativo do galpão compost barn e anexos.....	13
Figura 3 - Galpão <i>compostbarn</i> utilizado no experimento.....	14
Figura 4 - Medição de pontos para coletas de dados de variabilidade espacial	15
Figura 5 - Estação micrometeorológica utilizada no registro dos dados.....	15
Figura 6- Croqui dos pontos de coleta.....	16
Figura 7- Aferição da velocidade do vento	17
Figura 8 - Temperatura do ar entre 09:00 e 12 horas (a) e entre 12:00 e 15:00 horas (b).....	21
Figura 9- 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)	22
Figura 10 - 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)	23
Figura 11- 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)	26
Figura 12- Umidade da cama ($m^3 m^{-3}$) entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c).....	27
Figura 13- 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	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m s^{-1}).....	20
Tabela 2- Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade da cama ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).....	24
Tabela 3- Valores máximos, mínimos e primeiro e terceiro quartil para a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade da cama ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	7
2.1 Geral:	7
2.2 Específicos:.....	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1 AMBIÊNCIA EM INSTALAÇÕES	8
3.2 TERMORREGULAÇÃO	9
3.3 COMPOST BARN	10
3.4 UMIDADE DA CAMA	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 TEMPERATURA E UMIDADE DA CAMA	14
4.2 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS	16
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1. VARIABILIDADE ESPACIAL	20
5.2. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	28
6. CONCLUSÃO	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	32

1. INTRODUÇÃO

Os bovinos são animais homeotérmicos, ou seja, buscam manter a temperatura interna independente da temperatura externa. Desta forma, em regiões de clima tropical, como o Brasil, o estresse térmico causado por temperatura e umidade elevadas é um dos fatores limitantes para o máximo desempenho dos animais de alta produção.

Para contornar este problema, muitos produtores têm adotado medidas que visem diminuir a ação dos fatores ambientais sobre seus animais, desta forma, oferecendo conforto térmico e melhorias no bem-estar. Uma das alternativas que vem sendo amplamente utilizada é o confinamento dos animais de alta produção. Porém, em rebanhos leiteiros confinados, a inadequação térmica das instalações também pode ser um fator limitante para atividade.

O *compost barn* é um sistema de confinamento leiteiro intensivo que visa o conforto térmico dos animais através da criação coletiva dos animais, com espaçamento recomendada de 7m² por animal (ENDRES; 2009). Além de um sistema de ventilação promovendo à renovação constante do ar no ambiente resultando em melhores índices produtivos (ENDRES; JANNI, 2008). Esse modelo de instalação foi inicialmente desenvolvido por produtores norte americanos em meados de 2001, no estado de Minnesota, e caracteriza-se por oferecer área de descanso coberta com material orgânico, tendo a pista de alimentação e bebedouros separados da área de descanso (OFNER-SCHRÖCK et al., 2015).

A variação dos elementos microclimáticos, tais como elevada umidade relativa do ar, elevada temperatura e baixa ventilação também podem impactar negativamente o sistema *compost barn*, pois reduz a capacidade de transferência de calor para o meio e conseqüentemente altera o estresse térmico, o comportamento dos animais e prejudica a boa compostagem da cama (TORRES JÚNIOR et al., 2008).

Em situações de temperaturas elevadas e ventilação inadequada, os animais tendem a se aglomerar em locais com correntes de vento provocadas pelos ventiladores do sistema (DAMASCENO; 2012). Esse comportamento faz com possivelmente que haja um acúmulo de fezes e urina nesta área, podendo atrapalhar a correta compostagem da cama. Esta, por sua vez, tende a ficar frequentemente úmida e compactada devido ao pisoteio do rebanho, impedindo a secagem do material no momento de aeração da cama.

A umidade constante em determinados pontos no material da cama pode causar problemas de cascos e jarretes (FUKUDA; SANTOS; ANDRADE, 2007) e ainda aumentar a incidência de mastite nos animais confinados, resultando em menor produção de leite.

De acordo com MILANI e SOUZA (2010), para elevar o conforto, reduzir doenças e o estresse térmico, a cama deve permanecer seca, macia e com temperatura amena. A umidade da cama acima de 65% acarretará no impedimento da movimentação da água nos espaços porosos dos materiais, o que restringe o movimento do ar e induz a condições anaeróbicas (JANNI et al., 2005).

Para que ocorra a correta remoção da umidade da cama do ambiente, deve-se fazer o uso de ventiladores (ENDRES; JANNI, 2008). Bewley (2012) referiu-se ao uso de ventiladores como fator de contribuição para promoção da secagem do material da cama tendo como consequência o aumento de conforto térmico animal.

Desta forma, destaca-se a importância de estudar sobre a variabilidade espacial da cama, juntamente com a realização de uma prática de manejo correta evitando danos à saúde e ao bem estar dos animais confinados tendo como resultados menores índices de doenças e maior taxa de produção. Sugere-se que a umidade da cama é influenciada pelas variações climáticas e, que a mesma é maior em pontos próximos aos ventiladores em relação aos demais pontos do galpão devido à aglomeração dos animais nesses pontos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral:

- Avaliar se o ambiente térmico do sistema *compost barn* possui influencia no microclima do galpão, na variação da temperatura e no conteúdo de umidade da cama.

2.2. Específicos:

- Caracterizar a variabilidade espacial do microclima do sistema *compost barn* em estações quentes;
- Avaliar se há variação espacial dos índices de conforto térmico do sistema *compost barn* em relação às variabilidades microclimáticas;
- Investigar se há variação da umidade da cama em função das variáveis térmicas do ambiente do galpão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AMBIÊNCIA EM INSTALAÇÕES

O conforto térmico e a boa qualidade do ar em instalações estão ligados com a eficácia de programas de controle do ambiente, direcionados ao bem-estar dos animais confinados (MOURA et al., 2010).

Um ambiente confortável é aquele em que o animal se encontra em equilíbrio térmico, onde o calor produzido é perdido para o ambiente sem originar danos à homeostase do animal (SILVA et al., 2010).

O sombreamento artificial ou natural é o método de maior eficácia na regulação da temperatura, diminuindo a radiação e proporcionando sensação de temperaturas amenas sob o sombreamento projetado (NETO, 2014).

De acordo com Dikmen e Hansen (2009), em ambientes tropicais, a intensidade do estresse térmico é a consequência da combinação de altas temperaturas, umidade relativa do ar, abrangente incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento, reduzindo a eficácia na perda de calor. A elevação da temperatura ambiente associada com aumento da umidade relativa do ar contribui com o aumento da susceptibilidade dos animais ao estresse térmico inibindo a perda de calor, resultando em aumento de temperatura corpórea, propiciando o efeito negativo ao desempenho produtivo dos animais (SILVA et al., 2012).

Animais homeotérmicos realizam as trocas de calor com o ambiente, podendo esta ser sensível ou latente (BAÊTA; SOUZA, 2010). As trocas térmicas em situação de calor sensível dão-se por condução, radiação e convecção, e são realizadas em ocorrência da diferença da temperatura corpórea e ambiental (NUNES BATISTA et al., 2015). As trocas de calor latente ocorrem através da perda de calor por meios evaporativos (respiração e sudorese), onde acontece a mudança do estado físico da água, passando de líquido para gasoso (BRIDI, 2010).

Os bovinos leiteiros mestiços têm sua zona de termoneutralidade com temperaturas entre 4 e 26 °C (PERISSINOTTO et al., 2009). Polycarpo (2012) afirmou que a temperatura crítica para vacas em lactação varia entre 25 a 26 °C. Em situações de estresse térmico provocado por alta temperatura e umidade relativa do ar elevada, os animais recorrem a mecanismos fisiológicos e comportamentais como a redução de consumo de matéria seca, aumento da ingestão de água e busca por locais mais arejados para manter e priorizar a conservação da homeotermia (ALMEIDA et al., 2011).

Perissinotto et al. (2006) mostraram os efeitos da climatização nos critérios fisiológicos dos animais leiteiros, em que a ventilação forçada associada com sistemas de resfriamento, nebulização e aspersão diminuem expressivamente a temperatura máxima do ambiente interno do galpão em comparação à temperatura do ambiente externo.

3.2 TERMORREGULAÇÃO

Aspectos relacionados ao pelame e epiderme, taquipneia e sudação são importantes termorreguladores, em que as respostas endócrinas, bioquímicas e hematológicas permitem inferir sobre a homeostase, concluindo-se que a adaptabilidade do animal ao ambiente que está inserido é segura. (FAÇANHA et al., 2013).

Para Bernabucci (2014), o estresse térmico ocorre devido à dissipação insuficiente de calor produzido ou absorvido pelo animal.

De acordo com Baccari Júnior (1998), quando o animal não está sofrendo estresse devido ao frio ou ao calor os mesmos se encontram em sua zona de termoneutralidade, sendo essa uma faixa de temperatura ambiente efetiva. O animal em sua zona de termoneutralidade apresenta frequência respiratória normal e difusão de água por meio da pele, não ocorrendo sudação (AZEVEDO; ALVES, 2009).

Segundo Perissinotto e Moura (2007), para produção de leite, a zona de termoneutralidade encontra-se em temperaturas inferiores a 26 °C para vacas holandesas. Entretanto, Huber (2000) afirmou que a zona termoneutra para vacas lactantes corresponde às temperaturas entre 4 e 26 °C.

Baêta e Souza (2010) afirmam que as condições térmicas que mais afetam os animais são formadas pela combinação de elevada temperatura, umidade relativa do ar e baixa passagem do ar, influenciando os mecanismos de troca de calor com o meio. A radiação solar e a velocidade do vento passaram a ser considerados como os fatores de maior importância no equilíbrio térmico dos bovinos (ARIAS; MADER, 2010).

No momento em que a temperatura do ambiente onde a vaca se localiza diminui, o animal perderá mais calor para o meio, esfriando a sua temperatura corpórea, explicando assim a redução da temperatura da cabeça, dorso e glândula mamária (ARCARO et al., 2005).

Em temperaturas mais elevadas, os animais tendem a procurar por superfícies frias para se deitarem e perderem calor por condução (AZEVEDO; ALVES, 2009).

Damasceno, Baccari Júnior e Targa (1998) descreveram a preferência dos animais ruminarem deitados em períodos de temperaturas mais amenas, com o aumento das

temperaturas, esses animais ruminaram por mais tempo em pé em virtude do estresse pelo calor.

Animais com elevada produção são mais susceptíveis ao estresse térmico por altas temperaturas devido a maior produção de calor decorrente da alta ingestão de alimentos para atender à elevada demanda de produção (AZEVEDO; ALVES, 2009).

Quando a temperatura ambiente é maior que a temperatura crítica do animal, se faz necessário que a temperatura animal diminua para que aconteça o resfriamento através de condução, convecção ou radiação e a umidade relativa do ar torna-se essencial nos sistemas de dissipação (AZEVEDO; ALVES, 2009).

A umidade relativa do ar é o índice que expressa a capacidade do ar em manter água, ou ainda, quantidade de água presente em um determinado volume de ar em comparação à quantidade de água contida na atmosfera saturada (FERREIRA, 2011).

A umidade relativa do ar tem maior importância de acordo com a dependência do organismo em processos evaporativos para a termorregulação (SILVA, 2000).

Ferreira (2011) afirmou que uma umidade relativa do ar do ambiente para a maioria das espécies domésticas deve ser entre 40 a 70%. Segundo Starling et al. (2002), quando o ambiente apresenta temperaturas elevadas e umidade relativa do ar muito baixa a evaporação é mais rápida, sendo capaz de causar desidratação geral das mucosas das vias respiratórias, em ambientes quentes e altamente úmidos, a evaporação torna-se lenta ou nula, aumentando a carga de calor do animal e diminuindo a termólise. Segundo os mesmos autores, isso acontece devido ao fato de que em condições de alta temperatura, a termólise por convecção é prejudicada.

3.3 COMPOST BARN

O *compost barn* é um sistema alternativo de confinamento do tipo *loose housing* (ECKELKAMP et al., 2016a), com formato de galpão retangular, constituído por uma cama geralmente revestida com matéria orgânica, como as aparas de madeira (maravalha), permitindo instalar o animal em local seco, macio e de temperatura amena. Além disso, os autores ressaltaram que o objetivo deste tipo de instalação é proporcionar conforto, reduzir as doenças e o estresse térmico do animal (MILANI; SOUZA, 2010).

Para Leso et al., (2013) o *compost barn* difere dos demais sistemas devido a maior possibilidade dos animais confinados permanecerem soltos no galpão com uma grande cama.

Os galpões que não possuem cama adequada e área de descanso confortável para os

animais confinados, refletem em menor produção, animais mais sujos e, por isso, aumento de incidência de mastite ambiental, além de lesões de casco (CHADDAD, 2015).

O material que compõe a cama do galpão e sua umidade tem grande influência sobre o tempo que o animal permanece em descanso (FREGONESI et al., 2007; MITEV et al., 2012), tendo sido observado que em *compost barn* o tempo médio que os animais permanecem em repouso é aproximadamente de 9,3 horas diárias (ENDRES; BARBERG, 2007).

A diminuição do tempo de descanso dos animais pode acarretar em alterações fisiológicas relacionadas ao estresse, causando consequências à saúde e à produção desses animais (BOONE, 2009).

Damasceno (2012) relatou que em pesquisa com produtores leiteiros com *compost barn* entrevistados, 10 afirmaram que os animais se encontravam mais confortáveis, e 6 observaram considerável aumento na limpeza dos animais. Ainda segundo Damasceno (2012), os animais possuem rápida adaptação em sistema *compost barn*, o que tem gerado grande interesse aos produtores.

É recomendado que o espaço mínimo por vaca para um galpão de *compost barn* seja de 6,0 m² por animal para as vacas da raça Jersey e de 7,9 m² para as raças grandes (JANNI et al., 2007). Entretanto, Gay (2009) recomendou o uso de 9,3 m² ou mais por vaca para evitar a superlotação e compactação da cama. O correto espaçamento por animal reflete em animais limpos e dentro de sua zona de conforto (OFNER-SCHROCK et al., 2015).

Para ajudar na correta secagem da cama recém-revolvida e retardar o crescimento de bactérias maléficas a estrutura do *compost-barn* deve ter ventilação adequada (JANNI et al., 2005; PILATTI; VIEIRA, 2017), sendo preferível a ventilação natural acompanhada de uma saída de ar pelo telhado (MILANI; SOUZA 2010).

Damasceno (2012) citou ainda que a ventilação imprópria resulta em aglomeração dos animais em determinadas áreas, odor desagradável no interior do galpão, elevada umidade da cama e animais em pé por tempo elevado.

Quando a ventilação natural é deficiente recomenda-se a utilização de ventiladores, seu uso tem como função colaborar com a secagem e auxiliar na diminuição da temperatura da superfície da cama após o revolvimento do material (SHANE et al., 2010).

O funcionamento dos ventiladores pode ser de forma manual ou automática com o uso de termostatos (DAMASCENO; 2012). Para o correto aproveitamento do benefício dos ventiladores, Radavelli (2018) recomendou a velocidade do vento de 3 m s⁻¹, a fim de remover de forma eficiente a umidade da cama e promover resfriamento aos animais.

Desse modo, os ventiladores devem ser acionados de forma contínua quando o interior dos galpões atingirem 17 e 19 °C, em ocorrência de temperaturas inferiores pode ocorrer à necessidade do funcionamento descontínuo para auxiliar na secagem da cama (WELLS et al., 2004).

3.4 UMIDADE DA CAMA

A combinação de material orgânico rico em nitrogênio (dejetos) com a mistura de carbono (cama) propicia a porosidade ocasionando a acelerada quebra da matéria orgânica devido ao nível de umidade da cama constante (BEWLEY et al., 2012).

O material utilizado na cama do galpão deve ter elevada concentração de carbono, apresentando capacidade de absorver água (SHANE et al., 2010). Ainda segundo o mesmo autor, a umidade ideal da cama é em torno de 40 a 60%, maximizando a atividade microbiana.

A compostagem do material da cama é interrompida quando o teor de umidade apresenta-se menor que 40% e a água desloca grande parte do ar nos espaços porosos dos materiais (DAMASCENO, 2012).

Ao caminhar e deitar, os animais compactam a cama diminuindo a quantidade de espaço para o ar livre penetrar no material (KADER et al., 2007). Por este motivo, é necessário que se faça a revirada da cama com frequência (2 a 3 vezes no dia, preferencialmente nos momentos de ordenha, evitando o estresse do animal). O revolvimento promove um correto processo de compostagem do material presente na cama (JANNI et al., 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em propriedade localizada na comunidade São Luiz do Chopim, na cidade de Dois Vizinhos – PR, entre as coordenadas 25° 42' 31" S de latitude e 53° 03' 27" W de longitude, com altitude de 545 m em relação ao nível do mar. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cfa - subtropical úmido com temperaturas variando entre -3 e 18°C nos meses frios e verão quente com temperaturas superiores a 22°C e media de precipitação entre 2200 a 2500 mm anuais (ALVARES et al., 2013; VIEIRA et al., 2018).

Foram utilizadas vacas da raça holandesa da cor preta e branca (Figura 1). Os animais foram mantidos em *compost barn* construído no mês de maio de 2017.



Figura 1 - Animais utilizados para o experimento

Fonte: Soares A. (2018)

O galpão construído em orientação norte/sul possui área com 24,4 m de largura e 31,4 m de comprimento, altura de pé direito de 4,5 m e 8 m de altura de lanternim, 8 ventiladores da marca DeLaval, modelo DF 1250, motor de 1 cv e capacidade de fluxo de ar de $34.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, cobertura em aluzinco, área de alimentação e bebedouros externos (Figura 2 e 3).

O experimento teve início em outubro de 2017 e terminou em fevereiro de 2018, onde, nesse espaço de tempo, foram realizadas 09 avaliações microclimáticas e 09 avaliações de temperatura e umidade da cama.

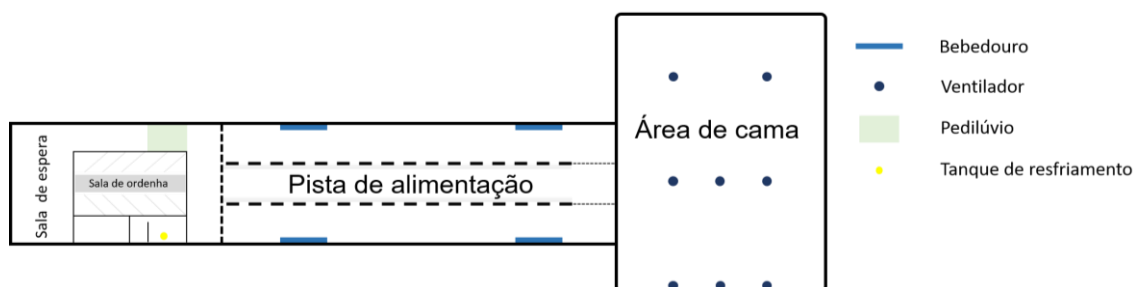


Figura 2 - Croqui ilustrativo do galpão compost barn e anexos

Fonte: Soares A. (2019)



Figura 3 - Galpão *compost barn* utilizado no experimento

Fonte: Soares A. (2019)

4.1 TEMPERATURA E UMIDADE DA CAMA

Para avaliar a temperatura interna da cama foi utilizado um sensor termopar à profundidade de 20 cm de profundidade. A temperatura interna da cama foi medida em 108 pontos fixos com espaçamento de 2,5 metros entre si (Figura 4), distribuídos uniformemente no galpão de acordo com a metodologia de SHANE, ENDRES e JANNI (2010). Para avaliação da umidade do material da cama do sistema, utilizou-se de uma estação micrometeorológica com uma haste de 05 cm de comprimento da marca Decagon Devices, modelo ECH₂O EC-S, sendo fixada perpendicularmente ao solo, possibilitando a coleta de dados na profundidade de 20 cm, tendo ambos os sensores acoplados ao data logger H21-002 (Onset) (Figura 5).



Figura 4 - Medição de pontos para coletas de dados de variabilidade espacial

Fonte: Soares A. (2018)



Figura 5 - Estação micrometeorológica utilizada no registro dos dados

Fonte: Soares A. (2018)

Os valores alcançados nos 108 pontos foram utilizados para calcular a média de temperatura e umidade da cama, temperatura e umidade do ar e velocidade do vento por intervalo de coleta.

4.2 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS

Os atributos microclimáticos temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram coletados em uma malha regular com 108 pontos (Figura 6), distribuídos uniformemente ao longo do galpão com espaçamento de 2,5 m entre cada ponto. Essas variáveis foram mensuradas em 03 horários distintos ao longo de cada dia de coleta, sendo eles: das 09:00 às 12:00 horas, das 12:00 às 15:00 horas e das 15:00 às 18:00 horas.

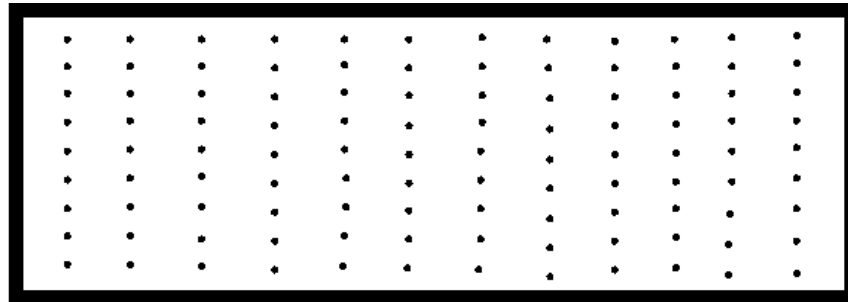


Figura 6- Croqui dos pontos de coleta.

Fonte: Próprio autor

As variáveis microclimáticas no ambiente interno das instalações foram coletadas com a utilização de data loggers Hobo U12 – 013 (HOBO) possuindo faixa de medição de temperatura de -20 a 70 °C, e de 5 a 95% para umidade, tendo uma 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 $\pm 3,5\%$, com dois canais externos, sendo que em um deles foi inserido um sensor termopar acoplado em uma esfera oca de polietileno pintado de preto fosco com 15 cm de diâmetro.

Os dados coletados foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar e temperatura do globo negro (°C). 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 portátil (Mastech). Todas as medidas foram coletadas a 1,70 m da cama (Figura 7).



Figura 7- Aferição da velocidade do vento

Fonte: Soares A. (2018)

Através dos dados coletados então se calculou os índices de temperatura e umidade - ITU de acordo com THOM (1958) através da fórmula:

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

Onde:

T_a : temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$);

T_{po} : temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$);

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

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

Onde:

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

T_{po} – Temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

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

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

Onde:

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 $950,0 \text{ hPa} = 712,6 \text{ mmHg}$.

Enquanto a carga térmica radiante – CTR de acordo com a metodologia de ESMAY (1969).

$$\text{CTR} = \sigma * (\text{TRM})^4$$

Sendo:

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

σ = constante de Stefan-Boltzman ($5,67.10^{-8}$) ($\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$);

TRM = temperatura radiante média (K).

A TRM pode ser encontrada através da fórmula proposta por BOND, KELLY e ITTER (1954):

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

Onde:

TRM = temperatura média radiante (K);

v = velocidade do vento (m s^{-1});

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

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

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se da geoestatística afim de entonar a temperatura e umidade da cama e a velocidade do vento juntamente com a temperatura e umidade do ar através de ajustes de semivariograma.

Os modelos foram adequados mediante ao cálculo do semivariograma apontado por Vieira (2000):

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

Onde:

$\gamma(h)$ = 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 .

Mátern, cúbico, circular, esférico e gaussiano foram os modelos de semivariograma utilizados para esse experimento, onde os mesmos foram adequados pelo método de verossimilhança para o semivariograma.

O índice de dependência espacial IDE foi analisado de acordo com a classificação de Zimback (2001), classificando-se forte ($IDE \geq 75\%$), moderado ($25\% < IDE < 75\%$), e fraco ($IDE \leq 25\%$).

As análises estatísticas e elaboração dos mapas de krigagem utilizou-se o software estatístico R, através do pacote geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. VARIABILIDADE ESPACIAL

As variáveis térmicas do galpão apresentaram índice de dependência térmica de moderada a forte nas primeiras horas de medição, havendo exceção apenas no intervalo das 15:00 às 18:00, onde a variável temperatura não apresentou-se com dependência espacial (Tabela 1).

Tabela 1- 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)
	Modelo	Circular	Cúbico	Cúbico
	Efeito pepita	0,00	$1,2 \cdot 10^7$	0,11
	Patamar	$8,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^8$	0,30
9:00 – 12:00	Alcance (m)	15,39	45,36	30,24
	IDE (%)	100	94	63
	Dependência espacial	Forte	Forte	Moderada
	Modelo	Circular	Circular	Gaussiana
	Efeito pepita	0,00	0,00	0,19
	Patamar	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^7$	0,70
12:00 – 15:00	Alcance (m)	21,93	24,41	30,82
	IDE (%)	100	100	72
	Dependência espacial	Forte	Forte	Moderada
	Modelo	Cúbica	Matern	Cúbico
	Efeito pepita	0,00	$1,7 \cdot 10^6$	0,10
	Patamar	0,00	$1,7 \cdot 10^7$	0,29

15:00 – 18:00	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 $(C_1/C_0 + C_1) \times 100$.

O alcance apresentado na variável temperatura no primeiro e segundo intervalo de coleta, apresenta-se com valores de 15,39 e 21,36 m, respectivamente, sendo o segundo intervalo com maior demonstração de homogeneidade desta variável, onde, quanto maior o alcance, maior será a homogeneidade da mesma.

Quando observado o mapa de krigagem, nota-se variações de temperaturas entre 23,5 e 25,5 °C no primeiro intervalo de coleta e variação de 26,5 e 28,0 °C para o segundo intervalo (Figura 8).

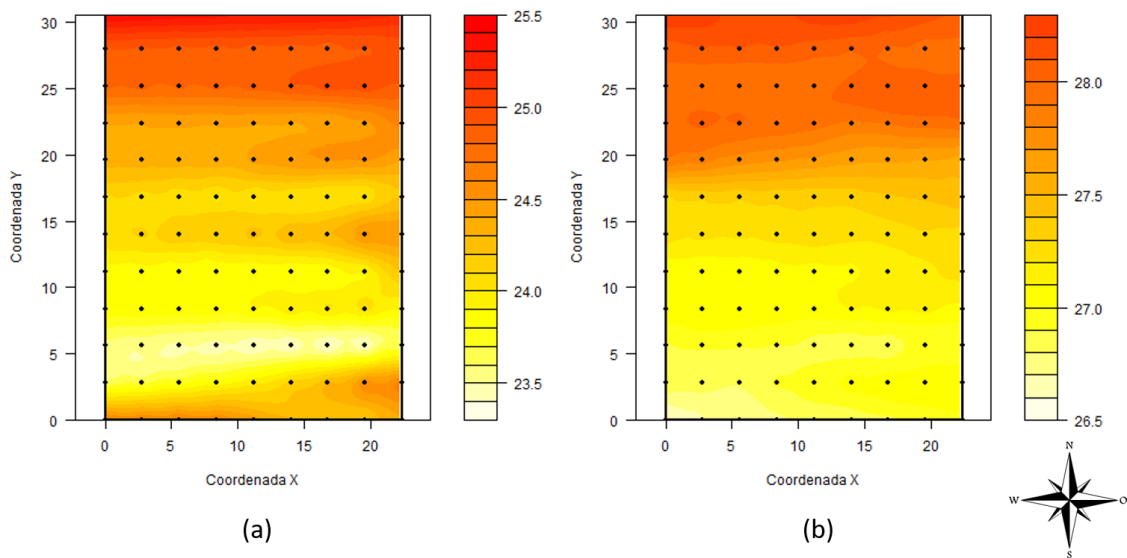


Figura 8 - Temperatura do ar entre 09:00 e 12 horas (a) e entre 12:00 e 15:00 horas (b)

Para o primeiro intervalo de coletas, foram encontradas temperaturas dentro do recomendado por Perissinotto e Moura (2007) ficando abaixo de 26 °C. No segundo intervalo, tem-se valores que ultrapassam o recomendado podendo influenciar no conforto térmico dos animais presentes no sistema.

Atraves do mapa de krigagem, é notório a percepção de que ao norte do galpão as temperaturas apresentam-se elevadas, sendo resultantes de má ventilação devido a falta de acionamento dos ventiladores em horas mais quentes do dia .

Wells et al., (2004) ressaltaram que os ventiladores devem ser acionados de forma contínua quando o interior dos galpões atingirem 17 e 19 °C de temperatura.

O acionamento dos ventiladores no galpão do presente estudo foi realizado de forma manual, sendo estes desativados em horários específicos do dia nos quais os animais estão em alimentação ou ordenha.

Em momentos onde a temperatura encontra-se elevada, os animais apresentam sinais de estresse térmico, sendo estes, sudação, ofego, busca por áreas com maiores incidências de vento e menor registro de atividades como as extremidades do galpão.

Faria et al., (2008) obtiveram em seus estudos resultados de temperatura e umidade relativa acima dos valores recomendados para a faixa de conforto do animal, recomendando o uso de ventiladores juntamente com aspersão de água visando o alívio do estresse térmico dos animais confinados.

Para o galpão deste estudo, uma possível melhoria poderia ser apresentada com o acionamento da terceira linha de ventiladores, visando proporcionar um ambiente com temperaturas mais amenas para os animais na face norte do galpão.

A umidade relativa apresentou-se com maior alcance (45,3 m) no primeiro intervalo de coleta indicando maior homogeneidade da mesma no galpão, seguidos do segundo e terceiro intervalo, apresentando dependência espacial forte em ambos os intervalos de coleta (Figura 9).

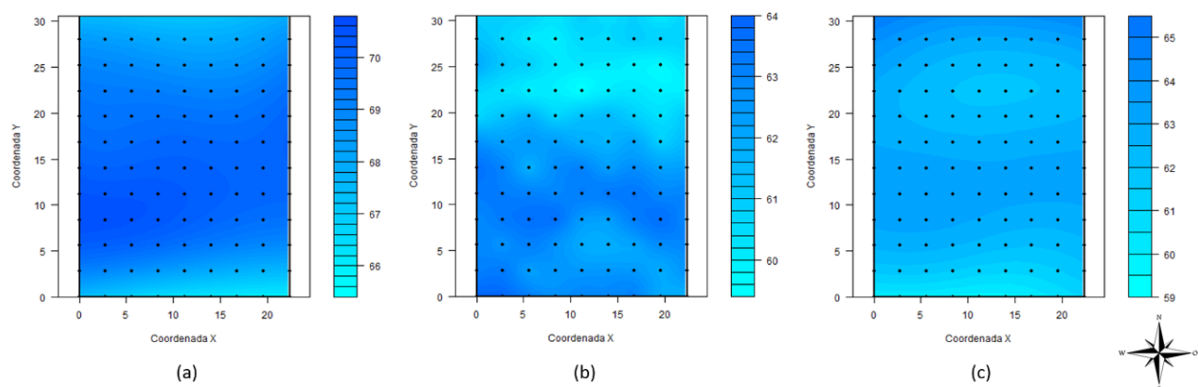


Figura 9- Umidade relativa do ar entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

No primeiro intervalo de coleta a umidade variou em 66 e 70 % onde as extremidades do galpão apresentam os menores valores de umidade, enquanto o segundo intervalo obteve valores entre 60 e 64% sendo observados menores valores na extremidade norte, pois a face norte do galpão apresenta incidência solar com maior intensidade neste período do dia, e o

terceiro intervalo apresentou valores de umidade entre 59 e 65% com menores valores na extremidade sul sendo justificado devido à quase nula incidência de radiação nesta face do galpão.

De acordo com Ferreira (2011), uma umidade relativa do ar do ambiente para a maioria das espécies domésticas deve ser entre 40 a 70%, sendo esta porcentagem a capacidade do ar em manter a água. Neste caso, em todos os intervalos de coletas, os valores encontrados para umidade relativa estão dentro do recomendado para que os animais se encontrem em conforto. Para a variável velocidade do vento, o terceiro intervalo apresentou o maior valor de alcance ($44,25 \text{ m s}^{-1}$), seguido do segundo ($30,82 \text{ m s}^{-1}$) e do primeiro ($30,24 \text{ m s}^{-1}$), sendo todos de dependência moderada.

Os mapas de krigagem para esta variável mostram velocidade de $0,5$ a $2,9 \text{ m s}^{-1}$ para o primeiro intervalo, $0,5$ a $2,0 \text{ m s}^{-1}$ para o segundo e $0,2$ a $1,6 \text{ m s}^{-1}$ para o terceiro intervalo de coleta (Figura 10).

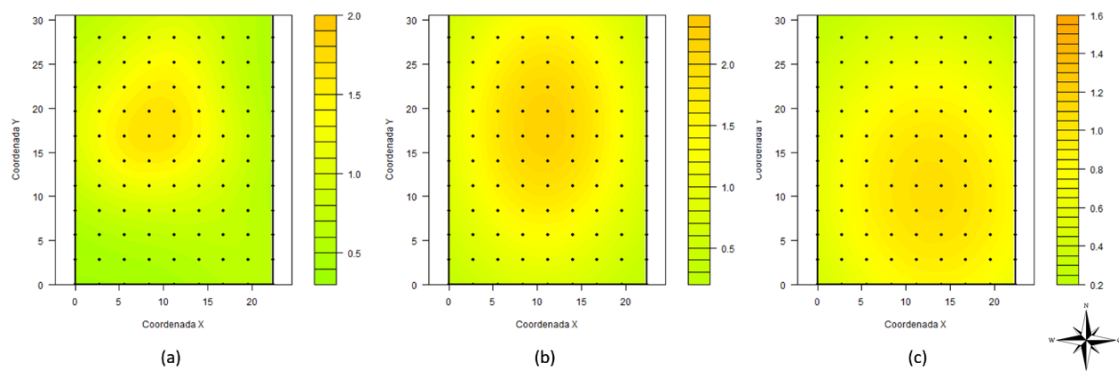


Figura 10 - Velocidade do vento entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

Observa-se que menores velocidades do vento são encontradas nas extremidades do galpão em todos os intervalos de coleta. Essa menor velocidade do vento pode ser explicada devido a falta de abrangência de ventilação nas extremidades já que a linha de ventiladores concentra uma maior incidência de vento no centro do galpão, onde com frequência ocorre o agrupamento dos animais e conseqüentemente maior deposição de dejetos.

No segundo intervalo, tem-se uma velocidade do vento apresentando maior homogeneidade. Isso é explicado por ser o intervalo onde todos os ventiladores no galpão encontram-se em funcionamento. Enquanto que no terceiro intervalo de coleta, em determinado momento os animais eram conduzidos a sala de espera para ordenha e os

ventiladores eram desligados, alterando conseqüentemente na velocidade do vento no interior do galpão.

Para uma situação de conforto térmico de bovinos, recomenda-se uma velocidade do vento entre 1,4 e 2,2 m s⁻¹ (BAÊTA; SOUZA, 1997).

Com ventilação concentrada do centro do galpão, durante o estudo foi perceptível a aglomeração dos animais nos pontos centrais do mesmo, buscando se posicionar onde a presença de vento era maior. Devido a esta aglomeração central, neste mesmo ponto ocorre maior deposição de fezes e urina, já que os animais permanecem neste por maior tempo.

Valores de temperatura da cama são inteiramente atrelados aos teores de umidade enquanto o teor de umidade pode estar relacionada ao uso de ventilação artificial, lotação do sistema e revolvimento do composto (RAVADELLI, 2018).

A temperatura e umidade da cama apresentaram dependência espacial forte (Tabela 2).

Tabela 2- Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da temperatura (°C) e umidade da cama (m³ m⁻³)

Intervalo (horas)		Temperatura da cama (°C)	Umidade da cama (m ³ m ⁻³)
	Modelo	Matern	Cúbico
	Efeito pepita	1,7 . 10 ⁶	7,7 . 10 ⁴
	Patamar	1,7 . 10 ⁷	6,4 . 10 ⁵
9:00 – 12:00	Alcance (m)	18,08	20,56
	IDE (%)	88	88
	Dependência espacial	Forte	Forte
	Modelo	Circular	Cúbico
	Efeito pepita	0,00	7,7 . 10 ⁴
	Patamar	2,5 . 10 ⁷	6,4 . 10 ⁵
12:00 – 15:00	Alcance (m)	24,41	20,56
	IDE (%)	100	88
	Dependência espacial	Forte	Forte

	Modelo	Matern	Cúbico
	Efeito pepita	$10 \cdot 10^6$	$7,7 \cdot 10^4$
	Patamar	$1,9 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^5$
15:00 – 18:00	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 ($C_1/C_0 + C_1$) x 100.

Para as variáveis mensuradas acima, a temperatura da cama apresentou maior valor de alcance (24,92 m) no terceiro intervalo de coleta, seguido pelo segundo intervalo (24,41 m) e posteriormente o primeiro intervalo de coleta (18,08 m), sendo apresentada forte dependência em todos.

Para a umidade da cama, os valores de alcance se igualaram em todas as coletas (20,56 m) e dependência espacial forte em ambas. Para maximizar a atividade microbiana da cama, recomenda-se que a umidade esteja entre 40 a 60% enquanto a temperatura da cama entre 43,3 e 65,0 °C tendo entre 15 e 30 cm de profundidade (BEWLEY et al., 2013).

A presença demasiada da umidade impossibilita a atividade de bactérias aeróbicas, não ocorrendo à fermentação adequada da cama (SAWATZKY, 2015). Ademais, a presença de umidade excessiva aumenta o risco de mastite (BARBERG et al., 2007). Na presente pesquisa, foram encontrados valores de 20,7 a 49,8 °C e 0,003 a 0,522 m³ m⁻³ para temperatura e umidade da cama respectivamente (tabela 3), apresentando valores fora dos limites recomendados na literatura.

Tabela 3- Valores máximos, mínimos e primeiro e terceiro quartil para a temperatura (°C) e umidade da cama (m³ m⁻³)

Intervalos (horas)	Valores	Temperatura (°C)	Umidade (m ³ m ⁻³)
	Máximo	49,6	0,522
	Mínimo	21,2	0,003
09:00 – 12:00	1° Quartil	30,6	0,193
	3° Quartil	37	0,333

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

A maior temperatura da cama pode ser visualizada em maior valor no centro para o sul do galpão em todas as coletas (Figura 11), devido à aglomeração dos animais nesta região, causando maior deposição de fezes e urina na cama.

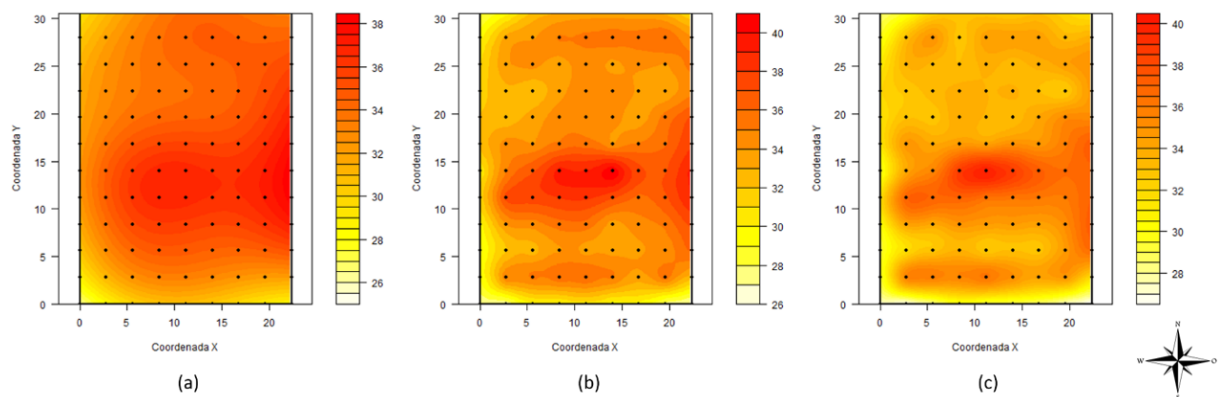


Figura 11- Temperatura da cama entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

Sinalo e Santos (2012) indicaram valores de 54 a 65 °C para temperatura ideal da cama para uma correta compostagem da cama. Valores de temperatura de cama inferiores impedem a correta compostagem, inibindo a morte dos microrganismos causadores da mastite (BLACK et al., 2014).

Nesta pesquisa, observa-se que as maiores temperaturas foram obtidas na região central para a face sul do galpão, onde se tem em grande maioria do tempo a maior presença de animais aglomerados.

Nenhum horário atingiu a temperatura de cama indicado em literatura, obtendo o maior valor de temperatura (49,8 °C) no segundo intervalo de coleta, seguido da primeira coleta (49,6 °C) e por fim, o terceiro intervalo de coleta (48,2 °C). Dito isto, nota-se que nesta cama não está ocorrendo a correta compostagem do material juntamente com os dejetos animais depositados sobre a mesma.

Para a variável umidade da cama, os mapas de krigagem apresentam valores semelhantes ao longo dos intervalos (Figura 11).

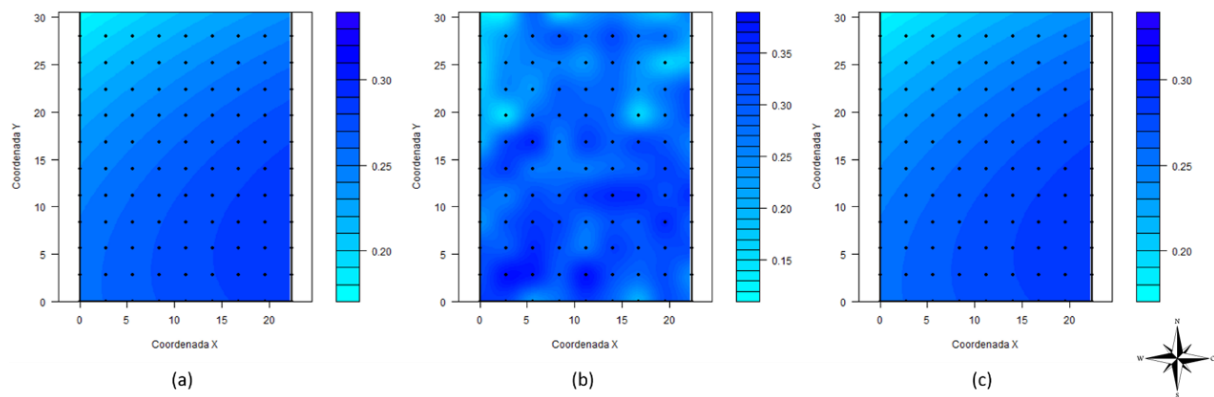


Figura 12- Umidade da cama ($m^3 m^{-3}$) entre 09:00 e 12 horas (a), entre 12:00 e 15:00 horas (b) e entre 15:00 e 18 horas (c)

Ao observar os mapas de krigagem, nota-se que a face sul do galpão apresentou maior umidade na cama em ambos os intervalos, entrando em conjunto aos pontos onde foram encontradas temperatura da cama mais elevada e temperatura do ar mais amena.

A presença de umidade com teor abaixo de 30-35% apresenta ambiente seco e com inibição da atividade microbiana (STENTIFORD, 1996), influenciando de forma negativa para a compostagem do material utilizado por proporcionar cama demasiadamente seca.

Em estudos realizados em sistema *compost barn* em Kentucky, Estados Unidos, ECKELKAMP et al. (2016a) relataram que a temperatura e umidade da cama são influenciadas pela variação da temperatura ambiente, concluído que a temperatura do ar prediz a temperatura e umidade da cama.

De acordo com a pesquisa realizada para este trabalho, foi perceptível a busca dos animais por regiões com menores temperaturas, sendo esta a face sul do galpão onde, em

maioria do horários havia aglomeração dos animais apresentando influencia no processo de compostagem da cama.

5.2. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

O ITU (índice de temperatura e umidade), ITGU (índice de temperatura do globo negro e umidade), h (entalpia específica) e a CTR (carga térmica radiante) compreenderam os maiores valores no período do dia (09:00 e 18:00 horas) e menores valores no período noturno (00:00 e 06:00) horas (Figura 12).

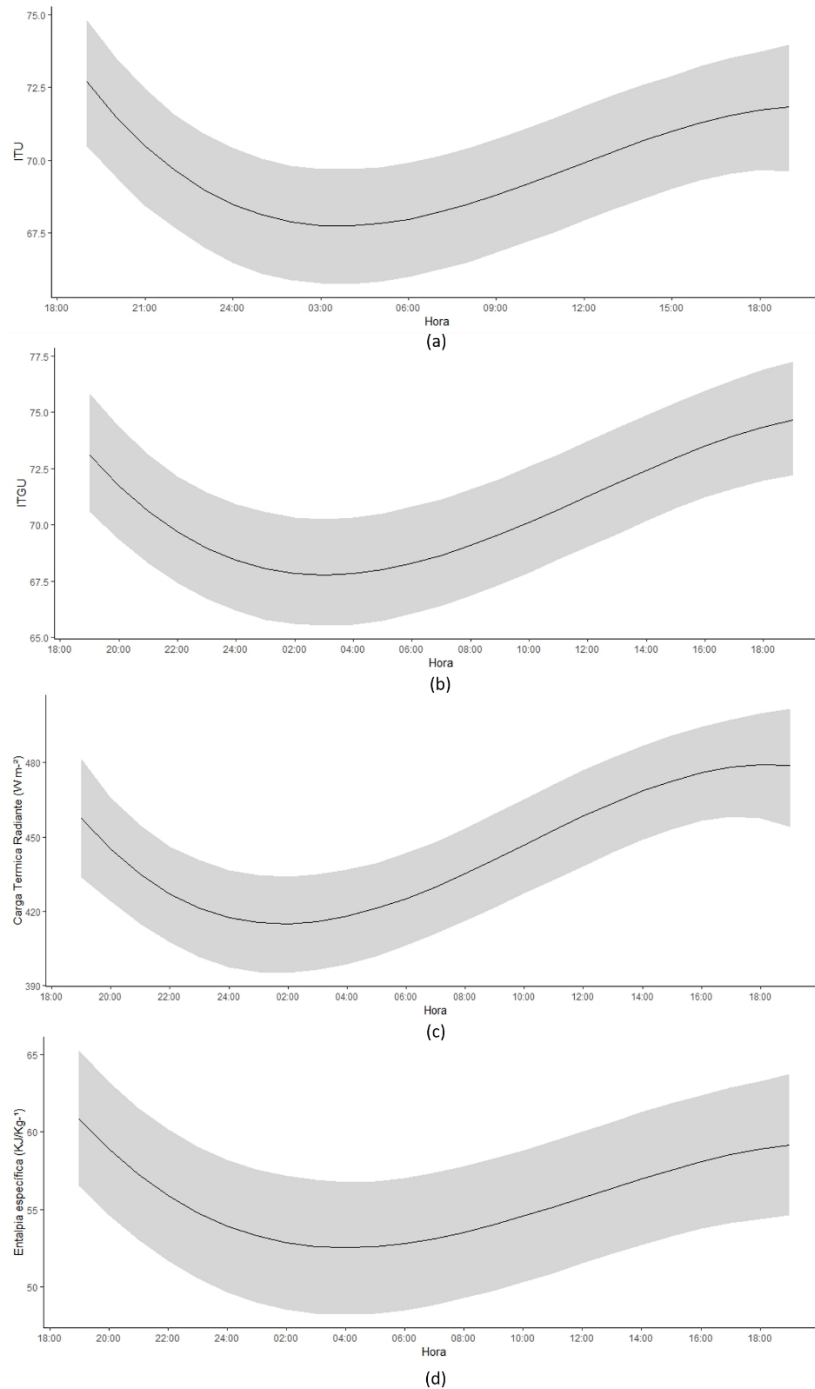


Figura 13- Valores de índice de temperatura de globo negro e umidade - ITGU (a), índice de temperatura e umidade - ITU (b), entalpia específica (c) e carga térmica radiante no decorrer das horas do dia

Para o ITU (índice de temperatura e umidade) entre as 01:00 e 06:00 os valores apresentados ficaram entre 67,5 e 68,0, enquanto nos demais horários, os valores ficaram entre 69,0 e 73,0. Campos et al. (2002) citam o valor máximo de 75, tendo em vista o conforto térmico do rebanho leiteiro da raça holandesa, onde, 75 ou mais, a produção de leite e ingestão de alimentos será severamente prejudicada.

Desta forma, todos os horários apresentaram ITU dentro do recomendado pela literatura.

Os valores encontrados para ITGU (índice de temperatura do globo negro) o menor valor apresentado foi entre as 02:00 e 05:00 horas sendo 68,5, e maior valor após as 16:00 horas com valor de 74,5.

Segundo Baêta e Souza (1997), valores de ITGU até 74 definem condição de conforto para os bovinos. Valores entre 75 e 78 são considerados faixa de alerta, e valores de 79 a 84 caracterizam perigo, e acima deste valor tem-se o estado de emergência. Seguindo os valores de referencia, durante a pesquisa o horário de 16:00 horas apresentou o maior valor de ITGU, porém, o mesmo considera-se dentro do padrão. Desta forma, no presente estudo, os animais se encontraram em conforto térmico neste ambiente de *compost barn*.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação do conteúdo de umidade da cama sofre interferência devido ao ambiente térmico do sistema, sendo estes, inversamente proporcionais apresentando maiores temperaturas e umidade da cama, e também, menores temperatura do ar e maiores velocidade do vento em uma mesma região do galpão.

A relação entre as variáveis, parte do ponto em que na região central do galpão concentra-se maior número de animais devido a maior velocidade do vento nesta área, conseqüentemente ocorrendo a maior deposição de dejetos e maior compostagem da cama, podendo ser utilizado em nosso clima tropical, não afetando o bem estar animal quando instalado dentro das recomendações.

7. CONCLUSÃO

O ambiente térmico do galpão *compost barn* apresenta variabilidade espacial de moderada a forte com intervalos de tempo em que a temperatura do ar se encontra fora dos limites para o conforto de vacas leiteiras, contudo, os valores encontrados para os índices de conforto térmico indicam ausência de estresse térmico nos intervalos de tempo avaliados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. L. et al. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 15.7: 754-760 2011.

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

ARCARO, Irineu et al.; Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, 2005.

ARIAS, R. A.; MADER, T. L. Determinación del riesgo potencial de estrés térmico del ganado bovino en cuatro localidades del centro y sur de Chile. *Archivos de medicina veterinaria*, v. 42, n. 1, p. 33-39, 2010.

AZEVEDO, D. M. M. R. A.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Embrapa Meio-Norte, 2009.

BACCARI JR, F. **Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente**. I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, v. 1, p. 24-67, 1998.

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

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 in an alternative housing system in Minnesota. **Journal of dairy science**, v. 90, n. 3, p. 1575-1583, 2007.

BERNABUCCI, U. et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 1, p. 471-486, 2014.

BEWLEY, J. et al. Compost bedded pack barn design features and management considerations. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/3110>
Acesso em 03.11.18.

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

BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, 8060-74, 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.

BOONE, R. E.; BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R. Comparison of freestall bedding materials and their effect on cow behavior and cow health. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

BRIDI, Ana Maria. Adaptação e aclimação animal. **UEL, Londrina**, 2010.

BUFFINGTON, D. E., et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, 24.3: 711-0714, 1981.

CAMPOS et. al, . Efeito do estresse calórico sobre a produção de leite de vacas Holandesas na Região de Coronel Pacheco - MG. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 30., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

CHADDAD, F. R.. Estratégias competitivas para produtores de leite. In: **18º Encontro Técnico do Leite**, Campo Grande. 2015.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI JR, F.; TARGA, L. A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 595-602, 1998.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. Tese (Agricultural Engineering's) Engineering's Graduate Program, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 2012.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. **Journal of dairy science**, 92.1: 109-116, 2009.

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, 2016a.

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

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. **Journal of dairy science**, 90.9: 4192-4200, 2007.

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

FAÇANHA, D. A. E. et al. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, v. 14, n. 1, 2013.

FARIA, F. F. et al. Climatic spatial variability of a dairy freestall barn. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, 2008.

FERREIRA, R. A. **Maior Produção com melhor ambiente: Para Aves, Suínos e Bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2011.

FREGONESI, J. A., et al. Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows. **Journal of dairy science**, 90.12: 5468-5472, 2007.

FUKUDA, R. T.; SANTOS, I. F.; ANDRADE, C. R. Estudo comparativo entre técnicas de inspeção do diafragma para o diagnóstico da cisticercose bovina. **Hig. aliment**, v. 12, n. 55, p. 51-62, 1998.

GAY, S. W. Bedded-pack dairy barns. 2009.

HUBER, J.T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. **Bovinocultura Leiteira. Piracicaba: FEALQ**. 2000. p.309-325.

JANNI, K.; RENEAU, J.; SCHOPER, W. Composting Bedded Pack Barns for Dairy Housing. University of Minnesota, Dairy Extension, **Regional Extension Educator-Dairy**. 2005.

JANNI, K. A. et al. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

KADER, N. A., et al. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technology**, 98.14: 2619-2628, 2007.

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

MILANI, A. P.; SOUZA, F. A. Granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto-SP. **Engenharia Agrícola**, 742-752, 2010.

MITEV, J. et al. Preferences of freestall housed dairy cows to different bedding materials. **İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, 38.2: 135-140, 2012.

MOURA, D. J. et al. Strategies and facilities in order to improve animal welfare. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39: 311-316, 2010.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia, aplicada aos animais domésticos**. 1982.

NETO, H. N. C.; **Conforto térmico aplicado a bem-estar animal**. Universidade Federal de Goiás. Goiania, 2014.

NUNES BATISTA, J. et al. Termorregulação em ruminantes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p.39-46, 2015.

OFNER-SCHRÖCK, E. et al. Compost barns for dairy cows aspects of animal welfare. **Open Journal of Animal Science**, v. 5, p.124-131, 2015.

PEREIRA NETO, J. T., Manual de Compostagem. Belo Horizonte – **UNICEF** – 56 p. 1996.

PERISSINOTTO, M., et al. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Engenharia Agrícola**, 2006.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p.117-126, 2007.

PERISSINOTTO, M. et al. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v.39, p.1492-1498, 2009.

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.

POLYCARPO, R. C. Você sabe o que são zona de conforto térmico e índice de temperatura e umidade? (2012) Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/voce-sabe-o-que-sao-zona-deconforto-termico-e-indice-de-temperatura-e-umidade-81697n.aspx> > Acesso em: 22/11/2018.

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

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

SAWATZKY, R. **Bovinos leiteiros em sistema de confinamento compost bedded pack barn**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Tuiuti do Paraná, 2015.

SCHLOTZHAVER, S.D.; LITTELL, R.C. **SAS: system for elementary statistical analysis**. 2. ed. Cary, 905p. 1997.

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

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. Nobel, 2000.

SILVA, E. V. C., et al. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Ciência Animal Brasileira**, 2010.

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**, 16.8: 903-910, 2012.

SINALO, C.; SANTOS, M. V. dos. Compost Barn: uma alternativa para o confinamento de vacas leiteiras. Artigo publicado em: 10/11/12. Disponível em: http://www.milkpoint.com.br/mypoint/6239/p_compost_barn_uma_alternativa_para_o_confinamento_de_vacas_leiteiras_4771.aspx. Acessado em: 03/11/18.

STARLING, J. M. C. et al. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2070-2077, 2002.

STENTIFORD, E. I. Composting control: principles and practice. In: **The science of composting**. Springer, Dordrecht, 1996. p. 49-59.

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, JR de S., et al. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, 69.2: 155-166, 2008.

VIEIRA, F.M.C. et al., Probability distributions of frequency analysis of rainfall at the southwest region of Paraná State, Brazil. **Revista De Ciências Agroveterinárias, (Journal of Agroveterinary Sciences)** v. 17, p. 260-266, 2018.

VIEIRA, S. R. et al., Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1: 1-54, 2000.

WELLS, G. D. 2004. Dairy Barn Ventilation – Exhaust Fan Systems. **University of Vermont Extension**. Available at: www.uvm.edu/extension.