

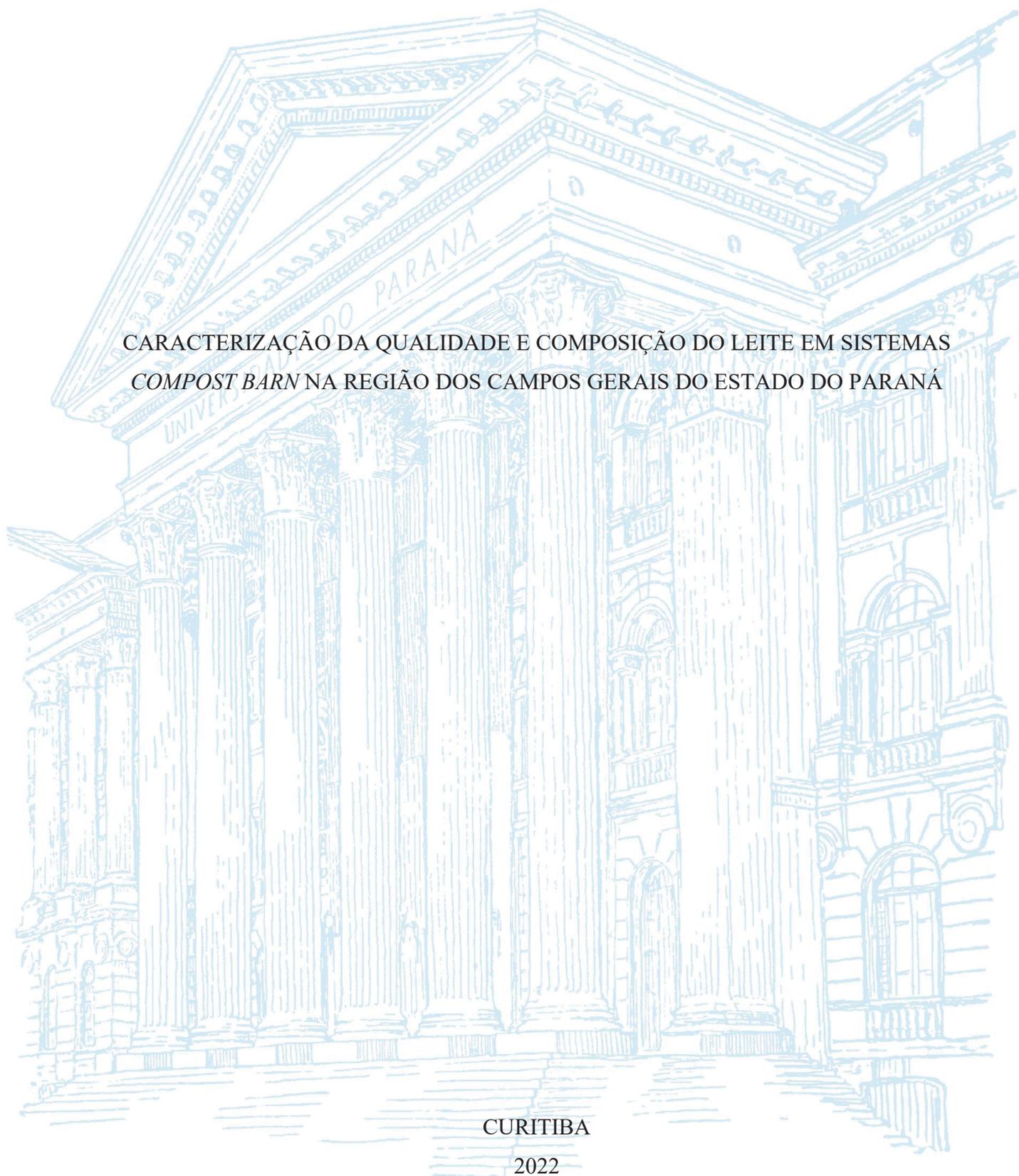
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

KARISE FERNANDA NOGARA

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS
COMPOST BARN NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ

CURITIBA

2022



KARISE FERNANDA NOGARA

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS
COMPOST BARN NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador(a): Profa. Dra. Maity Zopollatto
Coorientador: Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Nogara, Karise Fernanda

Caracterização da qualidade e composição do leite em sistemas *compost barn* na Região dos Campos Gerais do Estado do Paraná / Karise Fernanda Nogara . – Curitiba, 2022.
1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Maity Zopollatto

Coorientador: Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira

1. Banco de dados. 2. Confinamento. 3. Leite. I. Zopollatto, Maity. II. Vieira, Frederico Márcio Corrêa. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **KARISE FERNANDA NOGARA** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS COMPOST BARN NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ**, sob orientação da Profa. Dra. MAITY ZOPOLLATTO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 21 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica

22/07/2022 10:18:56.0

MAITY ZOPOLLATTO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

23/07/2022 09:11:29.0

RODRIGO DE ALMEIDA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/07/2022 10:13:55.0

MARCOS VEIGA DOS SANTOS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 99283-3742 - E-mail: ppgz@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 208393

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.pppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 208393

Dedico esta pesquisa as pessoas mais importantes da minha vida: minha família. Foram e sempre serão os meus maiores exemplos de força e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por me guiar, me iluminar e me dar forças durante toda esta trajetória. Agradeço por cada minuto vivido, cada experiência, cada oportunidade que proporcionaram crescimento pessoal e profissional.

O meu muito obrigada aos meus pais, Vilmar e Ines Nogara, por terem dito sim ao meu sonho, e que mesmo em meio aos 760km de distância sempre estiveram perto de mim, no coração, pensamentos e ligações.

Aos meus irmãos, Cristian e Pablo, por toda mensagem, carinho e acolhimento. A minha cunhada Bianca, por me incentivar e que junto com meu irmão Cristian deram o maior presente para a nossa família: a Bibiana.

A minha avó Irma Nogara por toda oração e preocupação. A minha nona Olga Froner (*in memoriam*) que sempre me apoiou e gostaria muito de ver a realização desta etapa.

Aos meus amigos por toda palavra de afeto e esperança, conselhos e solidariedade em momentos que pareciam ser os mais impossíveis de enfrentar, pelo ombro amigo e companheirismo mesmo longe ou perto.

A minha orientadora Dra. Maity Zopollatto por toda orientação, dedicação, atenção e carinho durante o mestrado. Sua paciência e confiança ajudaram na condução mais tranquila desta pesquisa. Ao meu coorientador Dr. Frederico Márcio Côrrea Vieira por aceitar o convite e fazer parte deste trabalho, contribuindo para o êxito do processo.

A Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de ingressar no programa com bolsa de estudo.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelo conhecimento transmitido.

À banca examinadora deste trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa em Forragicultura (CPFOR), em especial as colegas Queila Tavares e Juliana de Assis por todo o auxílio na condução do experimento. Também ao Grupo de Pesquisa em Biometeorologia (GEBIOMET) por toda discussão de artigos e trabalhos relacionados a área.

Ao amigo e colega Dr. Marcos Busanello, por toda ajuda e atenção com os dados da pesquisa.

A Cooperativa Castrolanda e Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH) por todo auxílio durante a pesquisa.

As fazendas leiteiras que aceitaram participar do estudo e abriram as porteiras de suas propriedades, confiando em nosso trabalho.

A todos os funcionários e técnicos que de alguma forma ou outra auxiliaram durante as visitas.

Ao Laboratório de Biogeoquímica da UFPR, em especial ao professor Dr. Renato Marques pelo auxílio e disponibilidade para as análises.

Ao Laboratório Qualileite, em especial ao professor Dr. Marcos Veiga dos Santos e o doutorando Gustavo Freu.

O meu muito obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho pudesse ser conduzido e concluído.

“É o que as pessoas dizem [que o tempo muda tudo]. Não é verdade. Fazer coisas é o que muda algo. Não fazer nada deixa as coisas do jeito que eram”.

(David Shore, em Dr. House).

RESUMO

O sistema *compost barn* (CB) tem como principal desafio o manejo de cama. Porém, dados científicos referentes à qualidade e composição do leite ainda são escassos, o que justificou a necessidade desta investigação, visto que as vacas ficam em contato com a flora microbiana da cama, podendo eventualmente alterar a sanidade do rebanho. Primeiramente, realizou-se uma investigação bibliográfica com o objetivo de verificar as principais características e recomendações de manejo de cama do sistema. Posteriormente, utilizou-se um banco de dados de seis anos (2016-2021) de quatro propriedades que utilizam o CB como sistema de confinamento em suas propriedades. Estas e mais seis propriedades foram acompanhadas presencialmente entre setembro de 2021 e fevereiro de 2022, onde durante as visitas eram verificadas a temperatura da cama, velocidade do vento dos ventiladores e coletadas amostras para posterior análise de umidade, pH, contagem microbiológica da cama e relação carbono:nitrogênio. Durante todo o período observacional foram registrados os dados de temperatura (T°) e umidade relativa do ar (UR) através de um *datalogger*. Todos os dados foram analisados através do procedimento GLIMMIX do SAS. Altos teores de sólidos totais podem ser verificados durante a primeira e segunda lactação, além da maior sanidade da glândula mamária dos animais, em virtude da menor exposição a agentes causadores da mastite. O nitrogênio ureico do leite foi superior em primíparas. Parâmetros da cama, como umidade, temperatura interna e o pH da cama influenciaram principalmente sobre a CCS e o nitrogênio ureico do leite, o que pode ter vindo afetar indiretamente a qualidade e a composição do leite desses rebanhos analisados. Ainda se verificou que os fatores ambientais (T° e UR) analisados foram responsáveis por alterar a umidade e o pH da cama. No entanto, pode-se verificar que a qualidade da cama e seu manejo influenciaram na qualidade e composição do leite, além de favorecer a predisposição de mastite ambiental dentro do rebanho. Porém, os padrões lácteos encontram-se de acordo com a legislação vigente, respeitando os padrões de qualidade.

Palavras-chaves: Banco de dados. Confinamento. Lácteos. Revisão

ABSTRACT

The compost barn (CB) system has bed management as its main challenge. However, scientific data regarding the quality and composition of milk are still scarce, which justified the need for this investigation, since cows are in contact with the microbial flora of the bed, which may eventually change the health of the herd. First, a bibliographic investigation was carried out in order to verify the main characteristics and recommendations for bed management of the system. Subsequently, a six-year database (2016-2021) of four properties that use CB as a confinement system on their properties was used. These and six other properties were monitored in person between September 2021 and February 2022, where during the visits, the temperature of the bed, wind speed of the fans were checked and samples were collected for later analysis of humidity, pH, microbiological count of the bed and relation carbon: nitrogen. During the entire observation period, temperature (T°) and relative air humidity (RH) data were recorded using a datalogger. All data were analyzed using the SAS GLIMMIX procedure. High levels of total solids can be verified during the first and second lactation, in addition to the greater health of the mammary gland of the animals, due to the lower exposure to agents causing mastitis. Milk urea nitrogen was higher in primiparous. Bed parameters, such as humidity, internal temperature and pH, influenced mainly the SCC and milk urea nitrogen, which may have indirectly affected the quality and composition of milk in these herds analyzed. It was also verified that the environmental factors (T° and RH) analyzed were responsible for altering the humidity and pH of the bed. However, it can be verified that the quality of the bed and its management influenced the quality and composition of the milk, in addition to favouring the predisposition of environmental mastitis within the herd. However, dairy standards are in accordance with current legislation, respecting quality standards.

Keywords: Confinement. Dairy products. Database. Revision

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 3

Figura 1 – Distribuição dos dados e exclusão de dados extremos.....64

Capítulo 4

Figura 1 – Design da divisão em quadrantes do galpão para verificação da temperatura da cama e coleta de amostras.....83

Figura 2 – Mensuração do pH das amostras.....84

Figura 3 – Demonstração do passo a passo da confecção da cápsula para análise de carbono e nitrogênio das amostras de cama.....85

Figura 4 – Representação gráfica da primeira função canônica de cada par de variáveis canonicais que tiveram relação entre os indicadores do estudo.....90

LISTA DE GRÁFICOS

Capítulo 4

Gráfico 1 – Temperaturas médias mensais do ar interno de galpões CB.....	86
Gráfico 2 – Umidade relativa média mensais do ar interno de galpões CB.....	86

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1 – Dados relativos à produção, qualidade e composição do leite de acordo com diferentes estudos envolvendo o sistema CB.....	57
--	----

Capítulo 3

Tabela 1 – Estatística descritiva da distribuição dos dados referente a produção de leite.....	62
Tabela 2 – Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no teor de gordura do leite.....	66
Tabela 3 – Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no teor de proteína do leite.....	67
Tabela 4 – Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL na lactose do leite.....	68
Tabela 5 – Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL nos teores de sólidos totais do leite.....	69
Tabela 6 – Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no NUL.....	70
Tabela 7 – Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL na CCS do leite.....	71

Capítulo 4

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis ambientais, variáveis de cama e variáveis de qualidade e composição do leite.....	89
Tabela 2 – Correlações canônicas entre variáveis ambientais, variáveis de cama e variáveis de qualidade e composição do leite.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACC – Análise de correlação canônica
- C – Carbono
- CBT – Contagem bacteriana total
- CC – Centímetro cúbico
- C:N – Relação carbono:nitrogênio
- CB – *Compost barn*
- CCS – Contagem de células somáticas
- CPP – Contagem padrão em placas
- FS – *Free-Stall*
- MS – Matéria seca
- N – Nitrogênio
- NUL – Nitrogênio ureico do leite
- SN – Estanho
- ST – Sólidos Totais
- T° – Temperatura
- T10 - Temperatura a 10 cm de profundidade
- T20 - Temperatura a 20 cm de profundidade
- T30 - Temperatura a 30 cm de profundidade
- TS – Temperatura superficial
- UR – Umidade relativa
- V1 – Variáveis respostas
- W1 – Variáveis preditoras

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVO	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 CARACTERÍSTICAS E RECOMENDAÇÕES DE MANEJO EM CONFINAMENTO COMPOST BARN (CB): REVISÃO	17
2.1.1 INTRODUÇÃO.....	18
2.1.2 HISTÓRICO DO <i>COMPOST BARN</i>	19
2.1.3 CARACTERÍSTICAS E MANEJO DO SISTEMA	19
2.1.3.3 Materiais e Manejo de Cama	21
2.1.3.4 Umidade da Cama	23
2.1.3.5 Temperatura da Cama.....	23
2.1.3.6 Relação C:N.....	24
2.1.2 CONCLUSÃO.....	25
2.1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
2.2 O SISTEMA <i>COMPOST BARN</i> COMO ALTERNATIVA PARA MELHORAR A QUALIDADE E A COMPOSIÇÃO DO LEITE: REVISÃO	32
2.2.1 INTRODUÇÃO.....	33
2.2.2 PRODUÇÃO, QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS <i>COMPOST BARN</i>	34
2.2.2.1 Produção de Leite	36
2.2.2.2 Composição do Leite.....	38
2.2.2.3 Qualidade do Leite.....	40
2.2.3 CONCLUSÃO.....	45
2.2.4 REFERÊNCIAS	45
3 INFLUÊNCIA DO NÚMERO E ESTÁDIO DE LACTAÇÃO E DO NÍVEL PRODUTIVO NA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	59
3.1 INTRODUÇÃO.....	60
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
3.3 RESULTADOS	65

3.3.1 Gordura.....	65
3.3.2 Proteína.....	66
3.3.3 Lactose.....	67
3.3.4 Sólidos Totais.....	68
3.3.5 Nitrogênio ureico.....	69
3.3.6 CCS.....	70
3.4 DISCUSSÃO.....	71
3.5 CONCLUSÃO.....	75
3.6 REFERÊNCIAS.....	76
4 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS <i>COMPOST BARN</i> NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ.....	79
4.1 INTRODUÇÃO.....	80
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	82
4.2.1 Verificação da temperatura da cama.....	82
4.2.2 Análise da umidade e pH da cama.....	83
4.2.3 Análise da relação carbono:nitrogênio (C:N) da cama.....	84
4.2.4 Mensuração da velocidade do vento dos ventiladores.....	85
4.2.5 Mensuração das condições climáticas dentro do galpão.....	85
4.2.6 Medição da área de cama.....	86
4.2.7 Análise microbiológica da cama.....	87
4.2.8 Análise estatística.....	87
4.3 RESULTADOS.....	88
4.3.1 Estatística descritiva.....	88
4.3.2 Correlação canônica.....	89
4.3.2.1 Leite ^β x Cama ^ε	90
4.3.2.2 Cama ^β x Ambiente ^ε	91
4.4 DISCUSSÃO.....	91
4.5 CONCLUSÃO.....	97
4.6 REFERÊNCIAS.....	97
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
6 REFERÊNCIAS.....	106
ANEXO.....	116

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

A preocupação com o bem-estar animal está cada vez mais sendo discutida, juntamente com os efeitos das altas temperaturas na fisiologia dos animais (PASTAL *et al.*, 2015). Animais *Bos taurus indicus* apresentam maior tolerância diante o clima tropical devido a sua rusticidade, ao contrário dos *Bos taurus taurus*, visto que animais zebuínos exibem menor taxa metabólica e maior taxa de transpiração (MELO *et al.*, 2016) e são os mais utilizados em sistemas de produção no Sul do Brasil. A intensidade e o tempo de permanência dos animais em situações de estresse térmico promove perdas produtivas (RODRIGUES *et al.*, 2010) e econômica para os produtores (DALTRO *et al.*, 2020).

A utilização de sistemas confinados para animais de produção vem trazendo benefícios em relação ao abatimento de calor, como exemplo, o investimento em ambientes climatizados para a raça Holandesa, de origem europeia (*Bos taurus*). Este investimento possibilita que condições mínimas favoráveis de temperatura e umidade estejam disponíveis aos animais, refletindo positivamente na produção animal, desde que as instalações sejam projetadas aproveitando as condições climáticas do local (localização do barracão e inclinação do terreno, direção e velocidade dos ventos naturais, etc.) (PASTAL *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2016; DAMASCENO, 2020).

O sistema *compost barn* (CB) caracteriza-se por apresentar uma área de cama aberta, sem baias individuais e com piso de terra batida, coberto por uma quantidade de serragem e/ou maravalha, formando a cama para os animais. O revolvimento desta cama proporciona entrada do ar no sistema, além de misturar fezes e urina junto ao material da cama, formando um composto orgânico que é decomposto por microrganismos aeróbios, produzindo calor e deixando a cama mais leve (JANNI *et al.*, 2007; OFNER-SCHRÖCK *et al.*, 2015). Esta quantidade de calor auxilia na secagem da cama, proporcionando uma superfície macia e seca aos animais, pois o excesso e o controle de umidade da cama são tidos como o maior desafio do sistema. Dessa forma, este parâmetro é importante de ser monitorado (LESO *et al.*, 2020). Quando se alcança os teores desejáveis de umidade na cama (40% a 60%; JANNI *et al.*, 2007), juntamente como a densidade animal, a higiene dos animais é favorecida (OFNER-SCHRÖCK *et al.*, 2015).

Alguns resultados referentes à produção de leite em CB podem ser encontrados na literatura (BLACK *et al.*, 2013; BREITENBACH, 2018; MARCONDES *et al.*, 2019). Porém,

dados referentes à produção de leite em CB no estado do Paraná são mais restritos (PILATTI *et al.*, 2019). No entanto, não apenas o volume produzido pelas fazendas interessa às indústrias processadoras, mas também a composição e qualidade do leite adquirido. Além do menor rendimento de derivados e qualidade do produto final, perdas econômicas são consequências de uma produção de leite em condições de baixa higiene e manejo inadequado (MELO *et al.*, 2016), podendo comprometer a segurança alimentar do consumidor (REIS *et al.*, 2013) e tempo de prateleira do produto.

Dados relativos à composição e qualidade do leite produzido por vacas alojadas em CB são pouco explorados, principalmente em como fatores relacionados à cama podem alterar tais características do leite. Cuidados com o manejo da cama são essenciais, pois a exposição a patógenos através da umidade da cama, barro e fezes favorece o aparecimento de mastite ambiental (ALBINO *et al.*, 2017).

Devido à carência de informações referentes ao sistema de produção e à composição e qualidade do leite produzido em CB, o objetivo deste estudo é investigar como o sistema funciona e como as suas características podem influenciar na qualidade e composição do leite.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Reunir informações sobre as características do sistema *compost barn* e analisar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros da região dos Campos Gerais do estado do Paraná.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a composição e a qualidade do leite mensalmente produzido por vacas leiteiras alojadas em CB;
- Avaliar o efeito do número de lactações, estágio de lactação e produção de leite sobre os parâmetros de gordura, proteína, lactose, nitrogênio ureico do leite (NUL) e contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas alojadas em CB;
- Avaliar como os fatores ambientais influenciam na qualidade da cama de CB;
- Avaliar como a composição bacteriana da cama;
- Avaliar como a qualidade da cama de CB pode influenciar na qualidade e composição do leite.

1.3 JUSTIFICATIVA

Está cada vez mais crescente a utilização de sistemas confinados em produções leiteiras no Brasil, dentre eles o CB. Assim, torna-se necessário entender como as propriedades leiteiras do Brasil estão trabalhando com este sistema em suas condições climáticas, e como os parâmetros da cama podem influenciar na qualidade e composição do leite.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS E RECOMENDAÇÕES DE MANEJO EM CONFINAMENTO COMPOST BARN (CB): REVISÃO

Manuscrito redigido conforme as instruções aos autores do *International Journal of Biometereology*

RESUMO

Embora a implementação do sistema *Compost Barn* (CB) esteja em crescimento entre as fazendas leiteiras, os estudos envolvendo este sistema são mais restritos. O maior conforto e produtividade animal, menor uso de terras e de mão-de-obra dentro da propriedade são alguns dos benefícios do CB. Porém, para alcançar bons resultados a projeção da instalação, manutenção da ventilação, controle da densidade animal e o manejo da cama devem ser trabalhados diariamente. O revolvimento da cama de duas a três vezes por dia é importante para a manutenção de uma superfície seca e macia aos animais, através da incorporação dos dejetos. É através desta incorporação que o processo de compostagem é favorecido via atividade microbiana, por meio da produção de calor. Porém, como qualquer sistema novo, o CB traz muitos desafios e dúvidas sobre seu funcionamento e manejo. Assim, este artigo de revisão teve como objetivo reunir as principais características e descobertas relacionadas ao sistema CB.

Palavras-chave: ambiência, instalações, manejo, vacas.

ABSTRACT

Although the implementation of the *Compost Barn* (CB) system is growing among dairy farms, studies involving this system are more restricted. Greater animal comfort and productivity, less use of land and labor on the property are some of the benefits of CB. However, to achieve good results, the design of the installation, maintenance of ventilation, control of animal density and bed management must be worked on daily. Turning the bedding two to three times a day is important to maintain a dry and soft surface for the animals, through the incorporation of animal waste. And it is through this incorporation that the composting process is favored via microbial activity, with the production of heat. However, like any new system, the CB brings many challenges and doubts about its operation and

management, thus this review article aimed to gather the main features and findings related to the CB system.

Keywords: ambience, facilities, management, cows.

2.1.1 INTRODUÇÃO

O uso de sistemas de confinamento se intensificou nos últimos anos (DAMASCENO *et al.*, 2020), com a premissa de manter os altos níveis produtivos atrelados ao conforto e bem-estar dos animais (VALENTE *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021). O sistema CB torna-se uma alternativa de alojamento para as vacas leiteiras (DAMASCENO *et al.*, 2020; VALENTE *et al.*, 2020), e vem se estabelecendo cada vez mais nas fazendas (FERNÁNDEZ *et al.*, 2020; LLONCH *et al.*, 2021). A possibilidade de alojar um considerável número de animais em uma área relativamente menor, quando comparada com áreas de pastagens, favorece o melhor uso da terra.

O sistema CB é uma alternativa para pequenos produtores; ou seja, que possuem pouca extensão de terra agricultável e dependem de mão de obra familiar. A adoção do CB possibilita melhor eficiência da mão de obra (BARBERG *et al.*, 2007a), pois o barracão fica localizado próximo à sala de ordenha e evita a necessidade de manejar os animais em áreas de pastagem. Através desta comodidade, contribui para a melhoria da qualidade de vida do produtor, aumentando a eficiência na atividade (VILELA *et al.*, 2017).

Além disso, o CB é uma alternativa promissora para propriedades leiteiras de países tropicais (MARCONDES *et al.*, 2019) e subtropicais (VIEIRA *et al.*, 2021), pois tem o potencial de amenizar o estresse térmico dos animais e, conseqüentemente, diminuir as perdas produtivas (VALENTE *et al.*, 2020). Essa melhor condição térmica é favorecida pelo sombreamento e pela utilização de sistemas de ventilação, proporcionando trocas de calor com o ambiente. Assim, um maior conforto aos animais alojados em CB pode ser resultado de um ambiente térmico favorável, juntamente com uma superfície de cama seca e macia.

Através do próspero desenvolvimento da instalação, bem como o interesse da implantação pelos produtores, as pesquisas envolvendo CB foram crescendo, passando de apenas quatro artigos publicados no ano de 2007, para 15 artigos publicados em 2021, de acordo com a base de dados SCOPUS. Porém, algumas questões relacionadas ao manejo ainda permanecem abertas, principalmente em condições brasileiras, tais como os materiais de cama mais apropriados, densidade animal, revolvimento, etc. (DAMASCENO *et al.*, 2020). Portanto, o objetivo desta revisão foi fornecer uma avaliação crítica da literatura científica sobre as principais características e recomendações de manejo do sistema CB.

2.1.2 HISTÓRICO DO *COMPOST BARN*

O sistema CB surgiu como alternativa ao sistema *loose housing* para alojamento de vacas no ano de 2001, em Minnesota/EUA (BARBERG *et al.*, 2007b; ROTTA *et al.*, 2019). O maior impulso da disseminação do sistema foi com a sua introdução em Israel e na Argentina, a partir de 2006 e 2009, respectivamente (DAMASCENO, 2020), se espalhando pela Europa durante a última década (KLOPČIČ *et al.*, 2021).

No Brasil, a utilização do CB é recente (SILVA *et al.*, 2019); a partir de 2012, com controvérsias quanto à fazenda pioneira da instalação no país: Fazenda Santa Andréa, de Itararé (SP) e/ou a Fazenda Cachoeira, de Piracicaba (SP) (MOTA *et al.*, 2017). Atualmente, não se sabe ao certo quantas instalações CB estão em funcionamento no país, porém é confirmado o avanço destas edificações nas regiões Sul e Sudeste (DAMASCENO, 2020; RADAVELLI *et al.*, 2020). A considerável expansão deste sistema no país deve-se, principalmente, ao grau de satisfação dos produtores que já adotaram o sistema em todo o mundo (SILVA *et al.*, 2019).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS E MANEJO DO SISTEMA

A área de cama no sistema CB caracteriza-se por uma área de descanso (BARBERG *et al.*, 2007b; KLOPČIČ *et al.*, 2021), onde os animais encontram-se livres para caminhar, correr, pular, deitar-se, ou seja, conseguem expressar seu comportamento mais próximo do natural (MOTA *et al.*, 2017). Todavia, a observação dos elementos do ambiente é fundamental para o seu sucesso. Por outro lado, a falha no dimensionamento, o manejo inadequado do sistema e dos animais, bem como a falta de atribuição da importância à climatização e ao manejo da cama podem colocar em risco o empreendimento. Tais elementos serão descritos a seguir:

2.1.3.1 Localização e a importância da ventilação em CB

O primeiro passo para a construção deste tipo de instalação é escolher um terreno ligeiramente elevado, para facilitar a drenagem da água e evitar que a mesma adentre o alojamento (SIQUEIRA, 2013). O sentido da instalação Leste-Oeste também deve ser preconizado (SCHOGOR *et al.*, 2018), com o eixo longitudinal em direção do vento predominante, favorecendo assim que a quantidade de horas onde os animais estarão expostos à incidência solar seja menor (SHOSHANI & HETZRONI, 2013; SCHOGOR *et al.*, 2018). A orientação Noroeste-Sudeste, como no estudo de SILVA *et al.* (2020), levou a maior

incidência solar dentro do alojamento, promovendo aumento da temperatura corporal dos animais e condições mais estressantes.

O local deve ser bem ventilado, localizado em áreas abertas (OFNER-SCHRÖCK *et al.*, 2015), e propiciando a entrada de ventos pelas paredes laterais (JANNI *et al.*, 2007).

Maiores temperaturas da cama podem ser encontradas justamente em locais onde a temperatura do ar está mais elevada, visto o processo de transferência de calor da cama com o ambiente (ECKELKAMP *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2020). E condições climáticas como baixa temperatura e alta umidade relativa (UR) são desafiantes, influenciando na compostagem e, conseqüentemente na qualidade da cama (KAPPES *et al.*, 2020). Este fato reforça a importância do sistema de ventilação operante para auxiliar na secagem da mesma (JANNI *et al.*, 2007) e na remoção da umidade do ar e do calor gerado pelas vacas (ENDRES, 2009), melhorando as condições microclimáticas dentro do galpão (VALENTE *et al.*, 2020).

O maior fluxo de ar promovido pelos ventiladores é capaz de influenciar o ambiente térmico do local, e reduz a temperatura superficial da cama, conseqüentemente influenciando o comportamento das vacas pela preferência ou não em deitar-se em determinados locais (PEIXOTO *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2021).

OLIVEIRA *et al.* (2019), ao avaliar as condições térmicas em galpões CB em Minas Gerais/BR, observaram que nos horários mais quentes do dia (>28 °C em toda a instalação) as vacas leiteiras da raça Holandesa encontravam-se em estresse térmico. Assim, mudanças comportamentais podem ocorrer, e vacas multíparas podem exibir maior dominância sobre as primíparas, em busca de maiores recursos, como locais mais ventilados (PEIXOTO *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2021). Portanto, o comportamento das vacas dentro da instalação pode ser influenciado pela temperatura e UR, onde em valores de THI (*Temperature Humidity Index*) altos (> 68) a atividade de repouso diminui (YAMEOGO *et al.*, 2021).

2.1.3.2 Densidade Animal

A densidade animal é um parâmetro que deve-se ser respeitado dentro do CB, pois juntamente com a umidade da cama refletem na higiene dos animais alojados (OFNER-SCHRÖCK *et al.*, 2015). A cama deve apresentar espaço de $7,4 \text{ m}^2/\text{vaca}$ para animais de 665 kg (raça Holandesa). Para as vacas da raça Jersey, as quais apresentam peso médio de 439 kg, o espaço requerido é menor, cerca de $6 \text{ m}^2/\text{vaca}$ (JANNI *et al.*, 2007; ENDRES, 2009; BUSANELLO *et al.*, 2021). Segundo ROTTA *et al.* (2019), a fim de não comprometer o funcionamento da compostagem da cama, atualmente utiliza-se a área de 10 a $15 \text{ m}^2/\text{animal}$, e para regiões com clima mais úmido $20 \text{ m}^2/\text{vaca}$. Também são encontradas na literatura

densidades de 10 m²/vaca, 13,6 m²/vaca (VALENTE *et al.*, 2020), 14,6 m²/vaca (RADAVELLI *et al.*, 2020), 15 m²/vaca (LESO *et al.*, 2020) e 18,27 m²/vaca (NOGARA *et al.*, 2021), dependendo do número de vacas, clima da região e materiais de cama (LESO *et al.*, 2020). A dimensão imposta leva em consideração a condição que todas as vacas possam estar deitadas ao mesmo tempo, e também para que haja espaço caso alguma queira se levantar e ir até a pista de alimentação (JANNI *et al.*, 2007).

Utilizando a densidade animal adequada não há o comprometimento do processo de compostagem da cama e do conforto animal (RADAVELLI *et al.*, 2020). Nogara *et al.* (2021) encontraram correlação moderada negativa entre a umidade da cama e o espaço por vaca ($r = -0,37$), visto que com a área reduzida a cama apresentou-se mais úmida, compactada e com baixas temperaturas, principalmente em fazendas onde não havia sistema de ventilação na instalação.

2.1.3.3 Materiais e Manejo de Cama

Para o sucesso do sistema, o revolvimento da cama é imprescindível (PILATTI & VIEIRA, 2017; MOTA *et al.*, 2019). O tipo de material de cama utilizado no sistema também é importante, assim como a manutenção desta cama seca para maximizar o desempenho animal (LESO *et al.*, 2021). Estes parâmetros influenciam na saúde e bem-estar animal (ODORE *et al.*, 2021) e a preferência destes sobre uma superfície seca (FREGONESI *et al.*, 2007), refletindo em mais vacas deitadas (MITEV *et al.*, 2012) e, conseqüentemente, maior ruminação e produção de leite (FERRAZ *et al.*, 2020).

Os materiais de cama mais utilizados são resíduos de madeira e serragem (BARBERG *et al.*, 2007b; JANNI *et al.*, 2007; PILATTI & VIEIRA, 2017; KLOPČIČ *et al.*, 2021; LLONCH *et al.*, 2021). Estes materiais, por apresentarem partículas finas, melhoram o manejo, aeração e atividade microbiana, além de manter as vacas mais limpas (JANNI *et al.*, 2007). A serragem faz com que a temperatura da cama seja bem distribuída devido a sua permeabilidade nos espaços porosos (SILVA *et al.*, 2020). Porém, deve-se tomar cuidado quanto ao teor de umidade. Por exemplo, a serragem fresca, com umidade de 44%, não se torna viável pois não favorece a atividade microbiana (FERRAZ *et al.*, 2020).

Materiais alternativos também podem ser utilizados, desde que contenham propriedades químicas adequadas (FERRAZ *et al.*, 2020). Estes devem ser boa fonte de carbono (relação carbono: nitrogênio da serragem = 48:1), fornecendo condições adequadas para o crescimento microbiano, juntamente com os dejetos animais, umidade da cama e oxigênio para produzir calor (LLONCH *et al.*, 2021). Pode-se citar alguns exemplos como; palhada de milho

(processada finamente) e subprodutos da palha de trigo (SHANE *et al.*, 2010; MOTA *et al.*, 2019), além do capim pisca-pisca (*Miscanthus*) (FERRAZ *et al.*, 2020), e outros resíduos, como casquinha de aveia, casca de café e casca de amendoim (SHANE *et al.*, 2010).

Em relação ao manejo da cama, o revolvimento duas vezes ao dia (MOTA *et al.*, 2019) é muito importante para trazer as camadas secas para a superfície e a umidade da camada superficial ser incorporada nas camadas mais profundas (BARBERG *et al.*, 2007a), juntamente com a urina e as fezes, propiciando a atividade microbiana (JANNI *et al.*, 2007).

A profundidade indicada para o revolvimento varia de 18 a 24 cm (BARBERG *et al.*, 2007a) até 25 a 30 cm (JANNI *et al.*, 2007), e irá depender da altura da cama (SILVA *et al.*, 2021) e do implemento utilizado. Dessa forma, quanto maior for a quantidade de cama, maior deve ser a capacidade de revolver as camadas mais profundas. No Rio Grande do Sul, a maioria (67%) dos produtores realizam o manejo de 20 a 30 cm de profundidade (SILVA *et al.*, 2021). Para BLACK *et al.* (2013), altas temperaturas (até 60 °C) da cama podem ser verificadas quando revolvidas de 15 a 20 cm de profundidade. O revolvimento excessivo (mais de três vezes ao dia), durante períodos frios, pode ser um problema visto que nessas condições a atividade microbiana é baixa e a evaporação da água é limitada, contribuindo para o maior desafio em manter a compostagem ativa, podendo ser necessária a adição de cama seca para absorção desta umidade (LESO *et al.*, 2020).

A reposição da cama é outro ponto importante do manejo em sistemas CB. Quando os animais se encontram mais sujos e com a aderência de materiais ao pelo, em virtude da alta umidade da cama, é indicado repor parcialmente a mesma, o que geralmente acontece a cada duas até sete semanas (JANNI *et al.*, 2007; OFNER-SCHRÖCK *et al.*, 2015; ECKELKAMP *et al.*, 2016). Outra estratégia é adicionar quantidades menores de material para reposição, mas em uma frequência maior como, por exemplo, uma vez por semana (BARBERG *et al.*, 2007a; JANNI *et al.*, 2007). A quantidade de material e o tempo entre as reposições irão depender da densidade animal, clima da região e sistema de ventilação operante (JANNI *et al.*, 2007), além do tamanho da área de descanso. Em períodos frios e úmidos a demanda de cama pode ser maior, devido à necessidade de manter a superfície seca (LESO *et al.*, 2020). No caso na região das Missões, no estado do Rio Grande do Sul, a maioria dos produtores (56%) realiza a reposição da cama mensalmente (SILVA *et al.*, 2021), dado este que corrobora com os achados de RADAVELLI *et al.* (2020), onde 56,7% dos produtores também adicionam cama nova mensalmente. Já o restante dos produtores realiza a reposição a cada 6 até 36 meses, dependendo da intensidade de utilização e da condição da cama (SILVA *et al.*, 2021).

2.1.3.4 Umidade da Cama

O teor de umidade da cama também é um fator importante a ser monitorado, sendo considerado o ponto crítico do sistema (LESO *et al.*, 2020). Para o processo de compostagem, é necessário que a umidade esteja entre 40 a 60% (máximo 65%), e não acima disso para evitar problemas com compactação (menor disponibilidade de oxigênio e porosidade para a compostagem), a qual pode prejudicar a aeração (JANNI *et al.*, 2007; LESO *et al.*, 2020). Se a umidade da cama estiver acima destes níveis é necessário providenciar a reposição parcial da mesma, visando a absorção de água (LESO *et al.*, 2020; LLONCH *et al.*, 2021). Se o processo de compostagem estiver funcionando de forma adequada, altas temperaturas (>40 °C) podem ser alcançadas, otimizando a evaporação da umidade (LESO *et al.*, 2020).

As fontes de umidade da cama são oriundas das próprias fezes e urina dos animais, e o revolvimento auxilia justamente nisso, misturar os dejetos aos materiais da cama, proporcionando a entrada de ar para a secagem, através da atividade microbiana da compostagem (JANNI *et al.*, 2007; KLOPČIČ *et al.*, 2021). Porém, além dos dejetos animais, a UR afeta a matéria seca da cama (RADAVELLI, *et al.*, 2020). Segundo LESO *et al.* (2021), cerca de 70% da variância da taxa de secagem da cama vem do efeito da umidade da mesma, juntamente com a velocidade do vento e a UR do ar. Mas outros parâmetros, como a temperatura da cama, a temperatura do ar e tipo do material utilizado na cama afetam a taxa de secagem, mas com menor magnitude.

Na região subtropical do Brasil, SILVA *et al.* (2021) e NOGARA *et al.* (2021) observaram teores médios de umidade das camas próximos de 58% e 56%, respectivamente, estando dentro dos padrões citados acima. RADAVELLI *et al.* (2020) também verificaram que o material de cama apresentou umidade em torno de 51,6%. Entre as três fazendas acompanhadas, FÁVERO *et al.* (2015) encontraram como umidade média destas camas 38,20%, o que pode ser explicado devido ao clima tropical da região, com verões quentes e chuvosos e inverno seco e pouco frio.

2.1.3.5 Temperatura da Cama

Uma boa atividade microbiana e compostagem é encontrada quando o material da cama apresenta temperaturas entre 54 e 65 °C (JANNI *et al.*, 2007). Já BEWLEY *et al.* (2012) relatam temperaturas entre 43 e 60 °C como ideais, que segundo LESO *et al.* (2020) deveriam ser medidas a uma profundidade de 15 a 31 cm. Manter essas temperaturas na faixa ideal auxilia na prevenção de moscas no local e patógenos, devido a menor quantidade de

substratos expostos, além de contribuir para a redução do odor no local (JANNI *et al.*, 2007; BEWLEY *et al.*, 2017). A temperatura da cama também apresenta impactos sobre o bem-estar animal (PEIXOTO *et al.*, 2019), visto que é dependente da temperatura do ar (DIMOV *et al.*, 2017).

Vieira *et al.* (2021), ao acompanharem uma fazenda leiteira na região sudoeste do Paraná, encontraram que as temperaturas da cama do CB foram de 20,7 a 49,8 °C, medidas a 20 cm de profundidade, representando uma grande variabilidade térmica espacial. Já no Rio Grande do Sul, considerando 30 fazendas leiteiras, a temperatura média superficial da cama foi de 25°C, próxima da temperatura interna do galpão que foi de 28°C (SILVA *et al.*, 2021). Valores próximos de temperatura superficial da cama foram encontrados por Nogara *et al.* (2021), de 27,8 °C, chegando até 34,6 °C a 20 cm de profundidade. Temperaturas em torno de 34°C sugerem que a decomposição do material estaria funcionando minimamente (BLACK *et al.*, 2013). Por isso, o aumento de temperatura da cama do CB é tido como um indicador adequado de sua condição (LLONCH *et al.*, 2021).

Em condições de clima tropical, constatou-se que temperaturas da cama durante o verão foram de 40,9 °C e no inverno de 42,8°C, a 15 cm de profundidade. Após o revolvimento da cama, as temperaturas passaram para 41,8 e 44,3°C, respectivamente, indicando a eficiência do revolvimento (MOTA *et al.*, 2019). Já temperaturas de 42,5°C puderam ser encontradas a 20 cm de profundidade, antes do revolvimento (RADAVELLI *et al.*, 2020), não estando de acordo com a sugestão de JANNI *et al.* (2007), mas aceitável conforme orientação de BEWLEY *et al.* (2012).

2.1.3.6 Relação C:N

A relação C:N é utilizada para avaliar o nível de maturação de substâncias orgânicas e sua influência sob o crescimento microbiano (VALENTE *et al.*, 2009). Os microrganismos presentes na cama necessitam de carbono como fonte de energia e nitrogênio como fonte proteica para seu metabolismo. As fontes nitrogenadas são oferecidas através de fezes e urina, e a fonte de carbono através do material da cama (SILVA *et al.*, 2021). O conceito de compostagem surge a partir da mistura destas fontes, proporcionando porosidade para infiltração de ar nas camadas da cama e, conseqüentemente, a degradação da matéria orgânica (BEWLEY *et al.*, 2012).

Para alcançar uma adequada relação C:N é aconselhável misturar diferentes resíduos (VALENTE *et al.*, 2009). SILVA *et al.* (2021) encontraram uma relação de 10,5:1, próxima da sugerida por JANNI *et al.* (2007) de 15,5:1 utilizando aparas de madeira e serragem. Já

RADAVELLI *et al.* (2020), analisando 30 fazendas que utilizavam como material de cama a serragem (70%), mistura de serragem e maravalha (26,7%) e aparas de madeira (3,3%), verificam que a relação C/N, em média, se comportava de forma modesta ($5,9\pm 4,5$), possivelmente em função da matéria orgânica baixa (66,4%) da cama ter influenciado neste parâmetro, devido a sua capacidade de fornecer substrato para os microrganismos.

2.1.2 CONCLUSÃO

Através desta revisão, podemos observar que a implantação do sistema CB requer planejamento por parte do produtor, buscando uma localização que proporcione boa drenagem do terreno e favorecendo a ventilação natural. Adicionalmente, é importante levar em consideração o clima da região, pois isto irá influir na secagem da cama e na densidade animal que poderá ser alojada, e conseqüente conforto das vacas.

Para o sucesso do sistema não podemos esquecer do manejo adequado da cama, realizando de dois a três revolvimentos por dia para que temperaturas desejáveis de 45 a 60°C sejam obtidas e a umidade da cama esteja controlada (40-60%). É importante também utilizar materiais de cama que sejam boas fontes de carbono (25 a 30:1) e com partículas finas para que o processo de degradação bacteriana seja favorecido.

2.1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost Dairy Barns in Minnesota: A descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 23, n. 2, p. 231–238, 2007. Disponível em: <<https://experts.umn.edu/en/publications/compost-dairy-barns-in-minnesota-a-descriptive-study>>.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 3, p. 1575–1583, 2007.

BEWLEY, J. M.; ROBERTSON, L. M.; ECKELKAMP, E. A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 12, p. 10418–10431, 2017. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13251>>.

BEWLEY, J.; TARABA, J.; DAY, G.; BLACK, R.; DAMASCENO, F. Compost Bedded Pack Barn Design: Features and Management Considerations. University of Kentucky Cooperative Extension Service, n. 206, 2012. Disponível em: <<http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id206/id206.pdf>>.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018. *Diário Oficial da União*, v. 230, n. 1, p. 9, 2018.

BUSANELLO, M., SOUSA, D. G., POZYNEK, M.; *et al.* Body growth of replacement dairy heifers from 3 distinct genetic groups from commercial Brazilian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, v. 105, n. 4, p. 3222-3233, 2022.

DAMASCENO, F. A. *Compost Barn como uma alternativa para a pecuária leiteira*. 1o ed. Divinópolis, 2020.

DAMASCENO, F.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; *et al.* 3D CFD Analysis of Natural Ventilation in Reduced Scale Model of Compost Bedded Pack Barn for Dairy Cows. *Applied Sciences*, v. 10, n. 8112, p. 1–17, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/22/8112>>.

DIMOV, D.; GERGOVSKA, Z.; MARINOV, I.; *et al.* Effect of stall surface temperature and bedding type on comfort indices in dairy cows. *Sylwan*, v. 161, n. 8, p. 2–16, 2017.

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

FÁVERO, S.; PORTILHO, F. V. R.; OLIVEIRA, A. C. R.; LANGONI, H.; PANTOJA, J. C. F. Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk

bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. *Livestock Science*, v. 181, p. 220–230, 2015.

FERNÁNDEZ, A.; MAINAU, E.; MANTECA, X.; SIURANA, A.; CASTILLEJOS, L. Impacts of Compost Bedded Pack Barns on the Welfare and Comfort of Dairy Cows. *Animals*, v. 10, n. 431, p. 1–11, 2020.

FERRAZ, PATRÍCIA FERREIRA PONCIANO; FERRAZ, G. A. E S.; LESO, L.; *et al.* Properties of conventional and alternative bedding materials for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 103, p. 8661–8674, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18318>>.

FERRAZ, PATRÍCIA FERREIRA PONCIANO; FERRAZ, G. A. E S.; LESO, L.; *et al.* Properties of conventional and alternative bedding materials for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 103, p. 8661–8674, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18318>>.

FREGONESI, J. A.; VEIRA, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 12, p. 5468–5472, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0494>>.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. COMPOST DAIRY BARN LAYOUT AND MANAGEMENT RECOMMENDATIONS. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 23, n. 1, p. 97–102, 2007.

KAPPES, R.; KNOB, D. A.; THALER, A.; *et al.* Cow's functional traits and physiological status and their relation with milk yield and milk quality in a compost bedded pack barn system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 49, p. 1–13, 2020. Disponível em: <<https://www.rbz.org.br/article/cows-functional-traits-and-physiological-status-and-their-relation-with-milk-yield-and-milk-quality-in-a-compost-bedded-pack-barn-system/>>.

KLOPČIČ, M.; ERJAVEC, K.; WALDROP, M.; *et al.* Consumers' and farmers' perceptions in europe regarding the use of composted bedding material from cattle. *Sustainability*, v. 13, n. 5128, p. 1–18, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5128>>.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A.; *et al.* Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020. American Dairy Science Association. Disponível em: <[sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219310719](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219310719)>.

LESO, L.; FERRAZ, P. F. P.; FERRAZ, G. A. S.; ROSSI, G.; BARBARI, M. Factors affecting evaporation of water from cattle bedding materials. *Biosystems Engineering*, v. 205, p. 164–173, 2021.

LLONCH, L.; GORDO, C.; LÓPEZ, M.; *et al.* Agronomic characteristics of the compost-bedded pack made with forest biomass or sawdust. *Processes*, v. 9, n. 546, p. 1–12, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-9717/9/3/546>>.

MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; DE VRIES, A. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. *Animal*, v. 14, n. 2, p. 399–408, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731119001848>>.

MITEV, J.; VARLYAKOV, I.; MITEVA, T.; *et al.* Preferences of freestall housed dairy cows to different bedding materials. *Istanbul Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, v. 38, n. 2, p. 135–140, 2012.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T. DE; LEITE, D. F. Bed temperature in Compost Barns turned with rotary hoe and offset disc harrow. *Eng. Agríc*, v. 39, n. 3, p. 280–287, 2019.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; *et al.* Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. *Pubvet*, v. 11, n. 5, p. 433–442, 2017.

NOGARA, K. F.; BUSANELLO, M.; HAYGERT-VELHO, I. M. P.; *et al.* Characterization and relationship between bulk tank milk composition and compost bedded variables from dairy barns in Rio Grande do Sul state, Brazil. *TURKISH JOURNAL OF VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES*, v. 45, n. 5, p. 890–900, 2021. Disponível em: <<https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-21-45-5/vet-45-5-12-2101-85.pdf>>.

ODORE, R.; BIASATO, I.; GARDINI, G.; D'ANGELO, A.; BELLINO, C. Effects of compost-bedded pack barn on circulating cortisol and beta-endorphins in dairy cows: A case study. *Animals*, v. 11, n. 11, p. 1–9, 2021.

OFNER-SCHRÖCK, E.; ZÄHNER, M.; HUBER, G.; *et al.* Compost Barns for Dairy Cows - Aspects of Animal Welfare. *Open Journal of Animal Sciences*, v. 5, n. =, p. 124–131, 2015. Disponível em: <<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=55276>>.

OLIVEIRA, V. C.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, C. E. A.; *et al.* Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais: architectural and technological characterization. *Agronomy Research*, v. 17, n. 5, p. 2016–2028, 2019. Disponível em: <https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/5441/AR2019_Vol17No5_Oliveira.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

PEIXOTO, M. S. M.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; MACHADO, N. A. F.; VIANA, V. D. S. S.; COSTA, J. F. M. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. *Biological Rhythm Research*, v. 00, p. 1–10, 2019. Taylor & Francis. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1616904>>.

RADAVELLI, WILLIAN MAURÍCIO; DANIELI, B.; ZOTTI, M. L. A. N.; *et al.* Compost barns in Brazilian Subtropical region (Part 1): facility, barn management and herd characteristics. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e445985198, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5198>>.

RADAVELLI, WILIAN MAURÍCIO; DANIELI, B.; ZOTTI, M. L. A. N.; *et al.* Compost barns in Brazilian Subtropical region (Part 2): classification through multivariate analysis. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e480985229, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5229>>.

ROTTA, P. P.; MARCONDES, M. I.; PEREIRA, B. DE M. *Nutrição e Manejo de Vacas Leiteiras*. Viçosa/MG, 2019.

SCHOGOR, A. L. B.; DANIELI, B.; SAVIO, R. L. Conhecendo o Compost Barn: desafios e virtudes. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 20, n. 2, p. 99–104, 2018.

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.

SHOSHANI, E.; HETZRONI, A. Optimal barn characteristics for high-yielding Holstein cows as derived by a new heat-stress model. *Animal*, v. 7, n. 1, p. 176–182, 2013.

SILVA, G. R. DE O.; LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; *et al.* Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: A comparison. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 3, p. 1165–1183, 2019. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/33757/25417>>.

SILVA, K. H. E; TEIXEIRA, M. DO C.; STRACKE, M. P.; *et al.* Evaluation of the compost barn system of milk producers from cooperatives in the mission region. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 3, p. 27227–27241, 2021.

SILVA, M. V. DA; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P. DE; *et al.* Spatial variability and exploratory inference of abiotic factors in barn compost confinement for cattle in the semiarid. *Journal of Thermal Biology*, v. 94, p. 1–11, 2020.

SIQUEIRA, A. V. Instalação do tipo “Compost Barn” para confinamento de vacas leiteiras Universidade Federal de Lavras, 2013. Universidade Federal de Lavras.

VALENTE, B.; XAVIER, E.; MORSELLI, T. B. G. A.; *et al.* FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. *Archivos de Zootecnia*, v. 58, p. 59–85, 2009.

VALENTE, D. A.; SOUZA, C. F.; ANDRADE, R. R.; *et al.* Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. *Agronomy Research*, v. 18, n. 2, p. 1547–1555, 2020. Disponível em: <<https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/5701>>.

VIEIRA, F. M. C.; SOARES, A. A.; HERBUT, P.; *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. *Animals*, v. 11, n. 1197, p. 1–19, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33919438/>>.

VILELA, D.; DE RESENDE, J. C.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. *Revista de Política Agrícola*, v. 26, n. 1, p. 5–24, 2017. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1243/1037>>.

YAMEOGO, B.; ANDRADE, R. R.; JÚNIOR, C. G. S. T.; *et al.* Behavioural patterns of cows housed in two different typologies of compost-bedded pack barns. *Agronomy Research*, v. 19, n. S2, p. 1205–1215, 2021.

2.2 O SISTEMA *COMPOST BARN* COMO ALTERNATIVA PARA MELHORAR A QUALIDADE E A COMPOSIÇÃO DO LEITE: REVISÃO

Manuscrito redigido conforme as instruções aos autores do *Journal of Dairy Research*

RESUMO

O efeito da ambiência no bem-estar animal e na produção já é conhecido. Com isso, sistemas confinados vêm ganhando espaço para fornecer aos animais com alto potencial genético, condições ambientais favoráveis, resultando em maior produção de leite devido a desafios menos estressantes. Assim, esta revisão descreve os principais efeitos do sistema *Compost Barn* (CB), com ênfase na qualidade e composição do leite. Muitos trabalhos apontam para a melhora na produção de leite, juntamente com a melhora da saúde da glândula mamária, refletindo em menor contagem de células somáticas. Junto com isso, melhorias na composição do leite também foram relatadas, como aumentos nos teores de gordura e proteína do leite. No entanto, o efeito não é apenas um reflexo do sistema, mas também da genética, manejo nutricional, saúde do rebanho e do microclima. Desta forma, o sistema CB promove efeitos satisfatórios na produção de leite, desde que todos os fatores produtivos da propriedade estejam sendo administrados com cuidado.

Palavras-chave: Ambiência, confinamento, contagem de células somáticas, gordura, produção de leite, proteína, sólidos.

ABSTRACT

The effect of ambience on animal welfare and production is already known. As a result, confined systems have been gaining ground in order to provide to animals with high genetic potential favorable environmental conditions, resulting in higher milk production due to less stressful challenges. Thus, this review describes the main effects of the compost barn (CB) system, with emphasis on milk quality and composition. Many works point to the

improvement in milk production, along with the improvement in the health of the mammary gland, reflecting in lower somatic cell counts. Along with this, improvements in milk composition have also been reported, such as an increase in milk fat and protein content. However, the effect is not only a reflection of the system, but also of genetics, nutritional management, herd health and environment. In this way, the CB system promotes satisfactory effects on milk production, if all the productive factors of the property are in sync.

Keywords: Ambiente, confinement, somatic cell count, fat, milk production, protein, solids.

2.2.1 INTRODUÇÃO

O sistema *compost barn* (CB) se caracteriza por ser um galpão com a presença de uma área de cama coletiva, destinada ao descanso para os animais, composta por materiais orgânicos, os quais necessitam de manejo frequente para garantir a incorporação de dejetos, e consequente atividade microbiana através da compostagem que ocorre na área (PILATTI & VIEIRA, 2017; SCHOGOR *et al.*, 2018; MARCONDES *et al.*, 2019).

As questões térmicas do alojamento CB devem ser analisadas com cuidado, pois a temperatura e umidade relativa do ar (UR) apresentam influência sobre o conforto dos animais. A baixa UR nos horários mais quentes do dia pode estar associada ao aumento da temperatura, o que contribui para o desconforto dos animais, desencadeando os processos evaporativos (PEIXOTO *et al.*, 2019). Adicionalmente, os processos de troca de calor, por convecção, que ocorrem entre a cama e o ambiente influenciam na sensação térmica do local (SILVA *et al.*, 2020). Por estas razões, a utilização do sistema de ventilação (velocidade e troca de ar operando adequadamente) dentro do galpão é essencial, auxiliando a dissipar o calor dos animais e na secagem da cama (LESO *et al.*, 2021).

No Brasil, as informações referentes ao CB ainda são escassas, principalmente como suas características poderiam influenciar no conforto dos animais e na produção (VALENTE *et al.*, 2020), e como auxiliar os produtores na tomada de decisão e planejamento (MOTA *et*

al., 2019). Porém, os estudos são ainda mais escassos quando se refere à qualidade e composição do leite neste sistema (KAPPES *et al.*, 2020; WEBER *et al.*, 2020), com muito foco apenas na produtividade (ASTIZ *et al.*, 2014; BREITENBACH, 2018). Este artigo descreve as principais características do sistema, com ênfase nos resultados obtidos para qualidade e composição do leite.

2.2.2 PRODUÇÃO, QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS COMPOST BARN

Dentre os fatores que podem afetar a produção pecuária e o bem-estar dos animais podemos citar a interação entre o animal e o ambiente (LAMBERTZ *et al.*, 2013). No caso, o clima, principalmente pela radiação solar, influencia na composição e produção do leite (HILL & WALL, 2014), a qual gera um grande impacto econômico na indústria láctea (WHEELOCK *et al.*, 2009; RENAUDEAU *et al.*, 2012). Da mesma forma, o *status* fisiológico do animal influencia em parâmetros lácteos (KAPPES *et al.*, 2020), como a número de lactações e os dias em lactação (DEL), os quais apresentam efeito sobre a produção e qualidade do leite (SABEK *et al.*, 2021). Mas também devemos levar em consideração as estratégias de alimentação do rebanho, os sistemas de produção e manejo na produção de leite (RENAUDEAU *et al.*, 2012).

O Brasil apresenta áreas tropicais e subtropicais, e a produtividade leiteira dos animais acaba sendo influenciada por isso (VALENTE *et al.*, 2020), possivelmente em virtude do estresse térmico. Desse modo, é importante trabalhar na seleção de raças com grau de tolerância ao calor, na tentativa de melhorar o nível produtivo em condições mais quentes (RENAUDEAU *et al.*, 2012). No caso da região Sul do Brasil, animais de origem europeia são predominantes, em virtude de sua capacidade produtiva, porém são animais mais susceptíveis a níveis de estresse pelo clima da região. Na tentativa de minimizar os danos causados pelas altas temperaturas, a escolha de sistemas de produção também é importante,

pois promove melhores condições de conforto através da redução e/ou eliminação de agentes estressores (KAPPES *et al.*, 2020).

Mesmo que vários autores (BURGSTALLER *et al.*, 2016; PILATTI & VIEIRA, 2017; BLANCO-PENEDO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021) afirmem sobre o benefício do CB em relação ao bem-estar animal, este é um assunto questionável. Quando há espaço insuficiente na área de cama para abrigar de forma confortável todos os animais, alterações nos padrões de comportamento podem ser verificadas (PEIXOTO *et al.*, 2019) e, conseqüentemente, a produção destes animais é afetada (MUNKSGAARD *et al.*, 2005). O mesmo acontece quando a ventilação dentro do galpão é insuficiente, o que acaba influenciando o comportamento das vacas, pela preferência ou não em deitar-se em determinados locais (PEIXOTO *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2021). É conhecida a importância de as vacas permanecerem deitadas, pois isto reflete em maior ruminação e, conseqüentemente, produção de leite (MITEV *et al.*, 2012; FERRAZ *et al.*, 2020).

A Tabela 1 traz uma compilação de dados publicados na área, a fim de reunir informações importantes quanto à produção, qualidade e composição do leite em CB, até maio de 2021. Podemos observar que bons índices produtivos (30,8 kg leite/dia) são possíveis de serem atingidos, porém é necessário dar condições adequadas de conforto e bem-estar animal para estas vacas responderem em produção de leite. Além disso, é importante levar em consideração a genética do rebanho, visto que animais de alto padrão genético são destinados para sistemas confinados.

Ainda referente à Tabela 1, é notável a variação quanto ao teor de proteína e gordura do leite entre os diferentes estudos, porém isto pode estar associado a fatores ambientais, nutricionais, genéticos e de manejo desses rebanhos. Talvez o maior desafio seja controlar a contagem de células somáticas (CCS) do leite, pois há médias variando de 50.000 até 641.000 céls/mL. Isto evidencia que há propriedades que conseguem trabalhar muito bem no sistema,

mantendo uma cama seca e confortável, com boa sanidade do úbere. Porém, resultados são mais escassos quanto à contagem padrão em placas (CPP) e o teor de lactose neste sistema.

2.2.2.1 Produção de Leite

A busca de animais cada vez mais produtivos para formar rebanhos especializados traz consigo alguns desafios nutricionais, sanitários e ambientais. Isso ocorre porque animais potencialmente mais produtivos são mais exigentes, ou seja, apresentam maior consumo, mas são menos tolerantes ao calor (SMITH *et al.*, 2013). Em condições quentes, como no verão, o animal reduz o consumo de alimento na tentativa de reduzir a produção de calor metabólico, mas como consequência também há a diminuição do desempenho animal (onde perdas em produção de leite são comuns) como uma estratégia de termorregulação (manter a temperatura corporal em uma zona termoneutra) (RENAUDEAU *et al.*, 2012; SMITH *et al.*, 2013). Por isso, fatores como alimentação e as condições térmicas influenciam na produção de leite (WHEELLOCK *et al.*, 2009).

Os resultados positivos encontrados em sistemas CB estão relacionados com melhorias na produção das vacas leiteiras, conforto, saúde e qualidade do leite (BIASATO *et al.*, 2019; MARCONDES *et al.*, 2019; ODORE *et al.*, 2021), visto que as vacas se apresentam mais limpas e com baixos índices de claudicação (PILATTI *et al.*, 2021). Observou-se reduções de 1,3 kg de leite por dia em vacas que apresentavam claudicação do tipo grave, sendo que esta dor foi mais prevalente em sistema *free-stall* (FS) (44%) do que em CB (32%) (BRAN *et al.*, 2019).

Após migrar para o sistema de CB, oito rebanhos de Minnesota (EUA) apresentaram aumento de cerca 955 kg na produção de leite em 305 dias de lactação, por vaca (BARBERG *et al.*, 2007). Os autores ainda ressaltam que, após a mudança para este novo sistema de alojamento, o maior espaço disponível por vaca, levou ao maior conforto dos animais, e contribuiu para o aumento na produção. Ao deitar-se em uma superfície confortável há maior

estímulo da ruminação, com menor gasto de energia metabólica para transferência de calor e o ambiente e, conseqüentemente, maior produção de leite (FERRAZ *et al.*, 2020). Então, podemos dizer que o conforto térmico leva à preferência das vacas em descansar (YAMEOGO *et al.*, 2021). O potencial genético e nutrição dos animais ao passar para o sistema confinado também têm grande contribuição no aumento da produtividade por vaca, fator importante para a produção e economia das fazendas leiteiras que utilizam o sistema CB (JANNI *et al.*, 2007; MARCONDES *et al.*, 2019), mas também aquelas que utilizam qualquer outro sistema de produção.

Malheiros & Konrad (2019) verificaram aumento de 40% na produção, após mudar 135 vacas do sistema semi-confinado para o CB, provavelmente em função da melhoria das condições ambientais e nutricionais oferecidas aos animais confinados, as quais influenciam na produção (VALENTE *et al.*, 2020), pois vacas em estresse pelo calor tendem a diminuir o consumo de matéria seca (WHEELLOCK *et al.*, 2009). Na mesma região, Dalberto (2018) constatou que a maioria (53,33%) das propriedades abordadas apresentaram alta produtividade (>30 litros vaca/dia) em CB, com rebanhos da raça Holandesa e Jersey. Já fazendas leiteiras localizadas na região central do estado do Paraná apresentaram produção por vaca variando de 25,3 a 30,4 litros, não havendo diferença entre os sistemas FS e CB (COSTA *et al.*, 2018). Dados de Kappes *et al.* (2020) também evidenciam a boa produção (média de 34,91 kg/vaca/dia) de rebanho composto por 60% de vacas da raça Holandesa e 40% de vacas mestiças Holandês-Simental, mantidas no sistema CB, recebendo dieta total misturada (TMR). Porém, devemos levar em consideração o número de lactações dos animais, pois animais com lactações mais avançadas (>3) tenderam a diminuir em 12,64% a produção de leite em comparação com a terceira lactação (SABEK *et al.*, 2021). Então, muitas vezes a resposta pode estar mais ligada ao próprio animal do que ao sistema utilizado.

2.2.2.2 Composição do Leite

A composição do leite pode ser alterada por altas temperaturas, ou seja, estresse por calor. Estudos apontam que a percentagem de proteína do leite tende a diminuir cerca de 7% frente ao estresse pelo calor (LAMBERTZ *et al.*, 2013). O conteúdo de proteína do leite tende a diminuir com o aumento do THI (*Temperature Humidity Index*), tanto em animais confinados quanto mantidos ao ar livre (HILL & WALL, 2014).

Os sistemas confinados, como o CB, são tidos como alternativas para amenizar este quadro, pois podem oferecer um ambiente térmico mais favorável aos animais, assim como o uso de ventiladores e aspersores de água na linha de cocho. Conforme Hill & Wall (2014), os ventos moderados, de aproximadamente 3 metros, podem auxiliar na dissipação do calor e amenizar o estresse térmico.

Em estudos com sistema CB, o teor de proteína do leite variou de 3,18 a 3,39% (DAMASCENO *et al.*, 2020), mas os resultados de Weber *et al.* (2020) indicaram que, dois anos após mover as vacas do sistema semi-confinado para o CB, não foi observada diferença neste parâmetro, com os valores de 3,38 e 3,39%, respectivamente. Porém, os autores ainda relatam a influência das estações do ano nos níveis de proteína, gordura e lactose do leite, em função da utilização de diferentes espécies de plantas durante as estações quente e fria. No Sul do Brasil, durante o inverno, as gramíneas apresentam maior qualidade, com maiores teores de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca (FRIGERI *et al.*, 2020). Dessa forma, fica evidente a influência da nutrição animal na resposta em sólidos do leite, pois o conteúdo de proteína do leite pode aumentar em virtude do maior consumo de matéria seca (KAPPES *et al.*, 2020). Mas para Sabek *et al.* (2021), a ordem de parto e os dias em lactação (DEL) prolongados também apresentam efeito negativo na qualidade do leite e sanidade da glândula mamária.

Segundo Barberg *et al.* (2007), observou-se aumento de 2,55% (n= 9 propriedades) até 3,5% (n= 3 propriedades) no teor da proteína do leite, mas Marcondes *et al.* (2019)

encontraram redução de 0,11% na proteína do leite migrando do *drylot* para CB. Reduções nos teores de caseína podem estar vinculadas a alta CCS, porém a proteína total praticamente não varia, visto que ocorre o aumento das proteínas do soro (ZANELA *et al.*, 2006). Isto pode ser justificado pela influência da limpeza dos animais, a qual influencia na CCS e, indiretamente, na composição do leite (KAPPES *et al.*, 2020).

Ainda não está claro se há alguma influência do sistema CB sobre os componentes do leite, como o teor de proteína, o que remete à importância de novos estudos nesta linha. Porém, sabe-se também que há outros fatores que podem interferir neste parâmetro, como a genética do rebanho, estágio de lactação, formulação da dieta, manejo e o conforto dos animais (SANTOS & FONSECA, 2019). No caso da lactose, constatou-se a sua relação de maneira negativa com a CCS do leite (KAPPES *et al.*, 2020) e o número de lactações das vacas, com variação sazonal (ALESSIO *et al.*, 2016).

Em relação ao teor de gordura, verificou-se aumento de 2,92% (n= 9 propriedades) até 9,8% (n= 3 propriedades) após a mudança para CB (BARBERG *et al.*, 2007a). Para Leso *et al.* (2019), ao avaliarem a influência de dois sistemas (FS e CB) no desempenho de vacas leiteiras (FS com cama de palha, FS com cama de colchão de borracha, e CB), não foi observada diferença nos teores de gordura do leite das vacas alojadas nestas condições. Porém, Biasato *et al.* (2019) verificaram teores de gordura maiores em CB (4,04%) do que em FS (3,54%), sendo que ambos os grupos de vacas estavam sendo alimentadas duas vezes ao dia, com a mesma dieta.

No Brasil, quatro propriedades com CB apresentaram valores de gordura variando de 4,16 a 4,50%, entre rebanhos de alta (29 kg/vaca/dia) e baixa produção (18,2 kg/vaca/dia), não sendo especificada a raça dos animais (DAMASCENO *et al.*, 2020). Mas assim como para a proteína, a gordura do leite apresenta-se mais alta a partir da terceira e quarta lactação (SABEK *et al.*, 2021), possivelmente em virtude da menor produção de leite (27,30 kg

leite/dia) e concentração dos sólidos totais (13,63%). Porém, os mesmos autores ainda relatam que este aumento nos sólidos, seguido da redução do teor de lactose (queda de 2,78%), pode não ser benéfico, pois pode indicar um leite de baixa qualidade, associado com alta CCS (>200.000 céls/mL).

Em situações de estresse térmico, pode ocorrer a queda na produção de leite e na concentração de gordura do leite (HILL & WALL, 2014; FRIGERI *et al.*, 2020). Outro efeito sobre os teores de gordura do leite pode ser oriundo da menor CCS do leite (BIASATO *et al.*, 2019), visto que o aumento de CCS está associado com reduções na concentração de gordura, caseína, lactose, cálcio e fósforo do leite (COELHO *et al.*, 2014).

Porém, a dieta também tem influência neste parâmetro, visto que, por exemplo, o fornecimento do grão de soja cru pode aumentar a produção de leite (VARGAS *et al.*, 2002), porém o teor de gordura do leite diminui. Os mesmos autores ainda relatam que a utilização de óleos na dieta de ruminantes (óleo de soja, por exemplo) tende a aumentar o ácido linoleico conjugado (CLA), responsável pela queda na gordura do leite. Assim, é importante analisar o conjunto como um todo, e não apenas o sistema de produção isoladamente, pois os resultados na composição e na qualidade do leite podem ser influenciados por diversos fatores, como já citado.

2.2.2.3 Qualidade do Leite

A qualidade do leite é uma das principais exigências da indústria láctea, e os critérios de avaliação desta característica envolvem: ausência de resíduos antimicrobianos e químicos, baixa CCS e baixa contagem padrão em placas (CPP) ou contagem bacteriana total (CBT) (GUERREIRO *et al.*, 2005; NAKAMURA *et al.*, 2012; SILVA & ANTUNES, 2018).

Os resultados que evidenciam a relação entre o sistema CB e a CPP do leite são mais escassos. Porém, alguns estudos têm mostrado que uma boa saúde do úbere pode ser alcançada em sistemas CB (ECKELKAMP *et al.*, 2016; LESO *et al.*, 2020; KAPPES *et al.*,

2020). Segundo Albino *et al.* (2017), há uma correlação moderada positiva ($r=0,40$) entre a CBT do teto e o escore de células somáticas. Adicionalmente, os autores verificaram concentrações baixas (1 a 95.575 UFC/mL) de CBT do leite em sistema CB, sendo o agente mais comum o *Streptococcus* spp, o mesmo agente verificado na extremidade do teto e correlacionado (0,38) com a CPP do leite, possivelmente em função da presença deste patógeno na cama. Quando analisado o leite pasteurizado, oriundo de CB com material de cama orgânico (resíduos de alimentos domésticos e vegetais), verificou-se menor CPP (21.500 UFC/mL), em comparação com o sistema FS tradicional (35.000 UFC/mL), porém contagens mais altas podem estar associadas com os materiais da cama (BIASATO *et al.*, 2019), o que torna importante realizar uma análise microbiológica do material antes da sua utilização.

A CCS do leite é um indicador de qualidade e apresenta correlação negativa com a produção de leite, lactose e nitrogênio ureico do leite (NUL) (SABEK *et al.*, 2021). Considerando as abordagens de Dalberto (2018), ao estudar a produção de leite em CB na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, o autor relatou médias de CCS e CPP em torno de 360.000 céls/mL e 162.000 UFC/mL, respectivamente. Valores de 245.000 células/mL e 24.000 UFC/mL, respectivamente, foram encontrados por Silva *et al.* (2019) em propriedades que utilizam o sistema CB. No mesmo estudo, valores de 385.000 células/mL e 185.000 UFC/mL foram verificados para os mesmos parâmetros, porém em sistema FS, onde ambas as fazendas estudadas receberam a mesma dieta. Estes resultados estão em conformidade com a legislação brasileira vigente (BRASIL, 2018), a qual prevê CBT de no máximo 300.000 UFC/mL e CCS máxima de 500.000 céls/mL. Adicionalmente, podemos dizer que os procedimentos de higiene que antecedem a ordenha estão sendo realizados de maneira eficaz, com objetivo de remover as bactérias presentes na superfície do teto (JANNI *et al.*, 2007).

Barberg *et al.* (2007) observaram CCS em CB de 325.000 céls/mL, sendo que as taxas de infecção por mastite diminuíram 12% em seis propriedades leiteiras, de um total de nove fazendas analisadas. A taxa de infecção por mastite foi de 35,4% antes de mover as vacas para o sistema CB, e posteriormente essa taxa foi reduzida para 27,7%. Estes dados corroboram com os achados de Silva *et al.* (2021), onde 87% dos 30 produtores entrevistados relataram diminuição nos casos de mastite após a adoção do sistema. Esta redução na incidência de mastite demonstra o adequado manejo sanitário do rebanho (CALGARO *et al.*, 2020).

Malheiros & Konrad (2019) também verificaram melhora na sanidade do rebanho após moverem as vacas para o sistema CB, passando de 7,4% a taxa de casos de mastite clínica quando no sistema semi-confinado para 1,5% em sistema confinado (CB). Eckelkamp *et al.* (2016), ao estudarem oito rebanhos em sistema CB, verificaram que cerca de 20% dos animais de cada rebanho apresentaram mastite subclínica ao longo do ano, sem diferenças entre CB e FS, indicando que ambos os sistemas são adequados, desde que um bom manejo seja realizado. No estudo de Silva *et al.* (2020), não foram relatados problemas de mastite nos rebanhos alojados em CB, em condições semiáridas.

A umidade da cama pode estar associada à incidência de mastite clínica ambiental, sendo que a cada unidade de umidade da cama que se eleva, a chance de ocorrência de um caso de mastite clínica ambiental aumenta em 5,7% (FÁVERO *et al.*, 2015). Adicionalmente, durante o verão, o estresse térmico (altas temperaturas e umidade do ar) promove o aumento na CCS pelo maior desafio do sistema imunológico em combater agentes contaminantes, o que evidencia o efeito do clima sobre a sanidade da glândula mamária (LAMBERTZ *et al.*, 2013; SMITH *et al.*, 2013).

A gravidade da infecção por mastite é diferente entre CB e FS (ECKELKAMP *et al.*, 2016), possivelmente em função dos materiais de cama utilizados, visto que o uso de areia nas camas é comum em FS. Segundo os autores, no CB em 69,3% dos casos predominou a

gravidade tipo 1, onde o leite apresenta-se anormal, mas sem presença de inchaço no úbere, quando comparado com FS (37,9%). Porém, a presença de edema (gravidade tipo 2) foi maior em FS (41,4%) do que em CB (28,3%), sendo ainda mais acentuada a gravidade tipo 3 em FS (20,7%), com presença de casos sistêmicos, em comparação com CB (2,4%), sendo o principal agente causador isolado a *E.coli*. Estes coliformes se apresentam principalmente através das fezes na área de cama, o que pode aumentar a incidência de mastite ambiental (BEWLEY *et al.*, 2012). Além da *E.coli*, na área de cama de CB ainda podem ser encontrados patógenos como *Staphylococcus* não-aureus e *Streptococcus uberis* (SILVA *et al.*, 2021). Estes dados deixam evidente a importância do manejo dos patógenos da mastite ambiental, independentemente do tipo de cama (ECKELKAMP *et al.*, 2016).

Maiores CCS médias em FS com cama de palha (310.000 céls/mL) e no CB (354.000 céls/mL) foram observadas por Leso *et al.* (2019). Eckelkamp *et al.* (2016) acompanharam oito fazendas leiteiras que utilizavam o CB e observaram que a CCS (média ponderada de 242.000 céls/mL) do rebanho não foi afetada pelo escore de higiene dos animais. Corroborando com estes resultados, Marcondes *et al.* (2019) não verificaram alterações na CCS do leite, ao mover vacas de *drylot* para CB. Os autores relatam que devido aos desafios impostos pelo clima tropical, o período do estudo (36 meses) não foi suficiente para as fazendas se adaptarem ao novo sistema, e também não tinha acesso a dados sobre a qualidade da cama, o que limitou as correlações. Estes registros são importantes porque os materiais de cama são a primeira fonte de exposição a patógenos de mastite (BARBERG *et al.*, 2007b). O manejo de cama, visando a obtenção de um composto solto e seco para os animais, tem papel importante na manutenção da limpeza dos mesmos, contribuindo para o menor risco de mastite (FÁVERO *et al.*, 2015).

As reduções na CCS do rebanho, após mover as vacas para o sistema CB, podem ser explicadas pelo menor desafio dos animais frente aos patógenos causadores de mastite. Neste

sistema, os animais deixam de deitar-se em locais úmidos e com barro (quando em pastejo), passando a estar em local com cama seca e confortável (quando manejado corretamente), a qual recebe manejo diário, proporcionando o alcance de altas temperaturas (> 40 até 60°C) e controle da proliferação de agentes causadores de mastite (SILVA, 2018). Estes cuidados com a cama são imprescindíveis, pois a exposição aos patógenos, por meio da umidade da cama, barro e fezes, favorece o aparecimento de mastite ambiental (ALBINO *et al.*, 2017).

Outro ponto é o conforto animal, o qual favorece o fortalecimento do sistema imune. O escore de higiene dos animais é o reflexo de um bom manejo de cama, onde úberes e tetos mais limpos podem ser encontrados em função do controle e monitoramento da cama (SILVA, 2018). Esta verificação consiste em uma escala de pontuação conforme a sujidade dos animais, considerando a presença de materiais da cama e/ou esterco em tetos e úbere, sendo 1= tetos e úbere totalmente limpos; 2=tetos e úbere pouco sujos; 3=tetos e úbere apresentam sujidade mediana e 4= tetos e úbere apresentam sujeira bem aderida (SCHREINER & RUEGG, 2002). Nogara *et al.* (2021) verificaram escore máximo de 3 em CB, onde fazendas que apresentaram escore de sujidade alto também apresentavam cama mais úmida, com temperaturas baixas e alta CPP no tanque. Dessa forma, o baixo escore de higiene (3 ou 4, moderadamente sujo e muito sujo, respectivamente) dos animais indica que o sistema de compostagem influencia na limpeza dos mesmos (PILATTI *et al.*, 2021).

Com base no exposto, podemos notar que vários são os fatores que influenciam na qualidade do leite produzido, muitas vezes ligados à higiene, manutenção de cama seca, mas também fatores relacionados ao animal. Valores referentes à CPP e CCS em sistemas CB também são variáveis e escassos, demonstrando a carência de dados e a necessidade de novos estudos, buscando investigar como fatores relacionados à cama (temperatura e composição bacteriana dos materiais utilizados) podem afetar nestes parâmetros, como sugerido por Biasato *et al.* (2019).

2.2.3 CONCLUSÃO

Através do exposto, podemos observar que tanto a produção, como a qualidade e composição do leite não são reflexo apenas do sistema de produção, mas de multifatores como: nutrição, ambiência, sanidade e manejo. Mas quando o manejo em sistema CB é realizado de forma satisfatória (manejo de cama, densidade animal e ventilação suficiente) o estresse térmico é diminuído, refletindo em bons índices produtivos.

De forma geral, valores satisfatórios de CCS podem ser encontrados em rebanhos alojados em CB, representando uma boa saúde de úbere, através da redução de casos de mastite. E para isso é importante manter uma cama com umidade controlada (40-60%), mantendo os animais limpos, para reduzir a incidência de mastite ambiental, pois a cama apresenta-se em contato direto com os tetos dos animais.

2.2.4 REFERÊNCIAS

ALBINO, R. L.; TARABA, J. L.; MARCONDES, M. I.; ECKELKAMP, E. A.; BEWLEY, J. M. Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. *Animal Production Science*, v. 58, n. 9, p. 1686, 2018. Disponível em: <<https://www.publish.csiro.au/AN/AN16308>>.

ALESSIO, D. R. M.; NETO, A. T.; VELHO, J. P.; *et al.* Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 4, p. 2641–2652, 2016.

ASTIZ, S.; SEBASTIAN, F.; FARGAS, O.; FERNÁNDEZ, M.; CALVET, E. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: A comparative study. *Livestock Science*, v. 159, n. 1, p. 161–164, 2014.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 3, p. 1575–1583, 2007.

BEWLEY, J.; TARABA, J.; DAY, G.; BLACK, R.; DAMASCENO, F. Compost Bedded Pack Barn Design: Features and Management Considerations. University of Kentucky Cooperative Extension Service, n. 206, 2012. Disponível em: <<http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id206/id206.pdf>>.

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

BLANCO-PENEDO, I.; OUWELTJES, W.; OFNER-SCHRÖCK, E.; BRÜGEMANN, K.; EMANUELSON, U. Symposium review: Animal welfare in free-walk systems in Europe. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 6, p. 5773–5782, 2020.

BORCHERS, M. R. The effects of housing on dairy cow comfort, immune function, stress, productivity, and milk quality, 2018. College of Agriculture, Food and Environment at the University of Kentucky.

BRAN, J. A.; COSTA, J. H. C.; KEYSERLINGK, M. A. G. VON; HÖTZEL, M. J. Factors associated with lameness prevalence in lactating cows housed in freestall and compost-bedded

pack dairy farms in southern Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 172, p. 1–9, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104773>>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018. *Diário Oficial da União*, v. 230, n. 1, p. 9, 2018.

BREITENBACH, R. Economic Viability of Semi-Confined and Confined Milk Production Systems in Free-Stall and Compost Barn. *Food and Nutrition Sciences*, v. 09, n. 05, p. 609–618, 2018.

BURGSTALLER, J.; RAITH, J.; KUCHLING, S.; *et al.* Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. *Veterinary Journal*, v. 216, p. 81–86, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.07.006>>.

CALGARO, J. L. B.; FIORESI, J.; VELHO, J. P.; *et al.* Production and composition of milk per Holstein and Jersey cow from two farms in northwest Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim*, v. 21, p. 1–16, 2020.

COELHO, K. O.; MESQUITA, A. J.; MACHADO, P. F.; *et al.* Efeito da contagem de células somáticas sobre o rendimento e a composição físico-química do queijo muçarela. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, n. 4, p. 1260–1268, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352014000401260&lng=pt&tlng=pt>.

COSTA, J. H. C.; BURNETT, T. A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; HÖTZEL, M. J. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil:

Effects of housing systems. *Journal of Dairy Science*, v. 101, p. 1–11, 2018. American Dairy Science Association. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13462>>.

DALBERTO, G. PRODUÇÃO DE LEITE EM SISTEMA COMPOST BARN NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2018. Universidade Federal de Santa Maria - Campus Palmeira das Missões/RS.

DAMASCENO, F. A. Compost Bedded Pack Barns System and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. Universidade Federal de Vicosa, 2012. Universidade Federal de Viçosa.

DAMASCENO, F. A.; MONGE, J. L.; NASCIMENTO, J. A. C.; *et al.* Estimate of manure present in compost dairy barn systems for sizing of manure storage. *Agronomy Research*, v. 18, n. 2, p. 1213–1219, 2020. Disponível em:<<https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/5703>>.

ECKELKAMP, E. A.; TARABA, J. L.; AKERS, K. A.; HARMON, R. J.; BEWLEY, J. M. Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. *Livestock Science*, v. 190, p. 48–57, 2016. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.06.004>>.

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

em:<<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/158599/WOS000365362800032.pdf?sequence=1>>.

FERRAZ, P. F. P.; FERRAZ, G. A. E S.; LESO, L.; *et al.* Properties of conventional and alternative bedding materials for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 103, p. 8661–8674, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18318>>.

FRIGERI, KAREN DAL MAGRO; SANTIN, T. P.; AGOSTINI, A.; *et al.* Estudo longitudinal sobre o efeito das estações do ano na produção, composição centesimal, qualidade microbiológica e preço do litro do leite em uma fazenda leiteira no Rio Grande Do Sul – Brasil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. 1–28, 2020.

GUERREIRO, P. K.; MACHADO, M. R. F.; BRAGA, G. C.; GASPARINO, E.; FRANZENER, A. DA S. M. Qualidade microbiológica de leite em função de técnicas profiláticas no manejo de produção. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 1, p. 216–222, 2005.

HEINS, B. J.; SJOSTROM, L. S.; ENDRES, M. I.; *et al.* Effects of winter housing systems on production, economics, body weight, body condition score, and bedding cultures for organic dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 1–9, p. 706–714, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-14582>>.

HILL, D. L.; WALL, E. Dairy cattle in a temperate climate: The effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal*, v. 9, n. 1, p. 138–149, 2014. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S1751731114002456>>.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. COMPOST DAIRY BARN LAYOUT AND MANAGEMENT RECOMMENDATIONS. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 23, n. 1, p. 97–102, 2007.

KAPPES, R.; KNOB, D. A.; THALER, A.; *et al.* Cow's functional traits and physiological status and their relation with milk yield and milk quality in a compost bedded pack barn system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 49, p. 1–13, 2020. Disponível em: <<https://www.rbz.org.br/article/cows-functional-traits-and-physiological-status-and-their-relation-with-milk-yield-and-milk-quality-in-a-compost-bedded-pack-barn-system/>>.

LAMBERTZ, C.; SANKER, C.; GAULY, M. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science*, v. 97, p. 319–329, 2013.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A.; *et al.* Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020. American Dairy Science Association. Disponível em: <[sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219310719](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219310719)>.

LESO, L.; FERRAZ, P. F. P.; FERRAZ, G. A. S.; ROSSI, G.; BARBARI, M. Factors affecting evaporation of water from cattle bedding materials. *Biosystems Engineering*, v. 205, p. 164–173, 2021.

LESO, L.; PELLEGRINI, P.; BARBARI, M. Effect of two housing systems on performance and longevity of dairy cows in Northern Italy. *Agronomy Research*, v. 17, n. 2, p. 574–581, 2019.

LOBECK, K. M.; ENDRES, M. I.; SHANE, E. M.; GODDEN, S. M.; FETROW, J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *Journal of Dairy Science*, v. 94, n. 11, p. 5469–5479, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4363>>.

MALHEIROS, C. S.; KONRAD, P. A. Implantação e Manejo do Sistema de Compost Barn para Vacas Leiteiras. *Ciência e Tecnologia*, v. 3, n. 1, p. 66–73, 2019. Disponível em: <<http://200.19.0.178/index.php/CIENCIAETECNOLOGIA/article/view/8438/2129>>.

MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; DE VRIES, A. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. *Animal*, v. 14, n. 2, p. 399–408, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731119001848>>.

MITEV, J.; VARLYAKOV, I.; MITEVA, T.; *et al.* Preferences of freestall housed dairy cows to different bedding materials. *Istanbul Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, v. 38, n. 2, p. 135–140, 2012.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T. DE; LEITE, D. F. Bed temperature in Compost Barns turned with rotary hoe and offset disc harrow. *Eng. Agríc*, v. 39, n. 3, p. 280–287, 2019.

MUNKSGAARD, L.; JENSEN, M. B.; PEDERSEN, L. J.; HANSEN, S. W.; MATTHEWS, L. Quantifying behavioural priorities - Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 92, p. 3–14, 2005.

NAKAMURA, A. Y.; ALBERTON, L. R.; OTUTUMI, L. K.; *et al.* Correlação entre as variáveis climáticas e a qualidade do leite de amostras obtidas em três regiões do estado do Paraná. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia - UNIPAR*, v. 15, n. 2, p. 103–108, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/4211/2620>>.

NOGARA, K. F.; BUSANELLO, M.; HAYGERT-VELHO, I. M. P.; *et al.* Characterization and relationship between bulk tank milk composition and compost bedded variables from dairy barns in Rio Grande do Sul state, Brazil. *TURKISH JOURNAL OF VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES*, v. 45, n. 5, p. 890–900, 2021. Disponível em: <<https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-21-45-5/vet-45-5-12-2101-85.pdf>>.

PEIXOTO, M. S. M.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; MACHADO, N. A. F.; VIANA, V. D. S. S.; COSTA, J. F. M. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. *Biological Rhythm Research*, v. 00, p. 1–10, 2019. Taylor & Francis. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1616904>>.

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

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C.; SANTOS, L. F. DOS; VISMARA, E. S.; HERBUT, P. Behaviour, hygiene, and lameness of dairy cows in a compost barn during cold seasons in a subtropical climate. *Annals of Animal Science*, 2021.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; *et al.* Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, v. 6, n. 5, p. 707–728, 2012. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111002448>>.

SABEK, A.; LI, C.; DU, C.; *et al.* Effects of parity and days in milk on milk composition in correlation with β -hydroxybutyrate in tropic dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, v. 53, n. 270, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11250-021-02690-7>>.

SANTOS, M. V. DOS; FONSECA, L. F. L. DA. Controle de mastite e qualidade do leite - Desafios e soluções. 1o ed. Pirassununga/SP, 2019.

SCHOGOR, A. L. B.; DANIELI, B.; SAVIO, R. L. Conhecendo o Compost Barn: desafios e virtudes. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 20, n. 2, p. 99–104, 2018.

SCHREINER, D. A.; RUEGG, P. L. Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*, v. 85, n. 10, p. 2503–2511, 2002. Elsevier. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74333-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74333-6)>.

SILVA, C. F. D. S. E. Influência do sistema de Compost Barn sobre a produtividade, qualidade do leite e índices reprodutivos, 2018. Universidade Federal de São João Del Rei I - Campus Tancredo de Almeida Neves.

SILVA, G. R. DE O.; LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; *et al.* Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: A comparison. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 3, p. 1165–1183, 2019. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/33757/25417>>.

SILVA, J. C.; ANTUNES, R. C. Efeito do tipo de ordenha e do ambiente sobre a qualidade do leite cru com base na contagem de células somáticas. *Ciência Animal Brasileira*, v. 19, p. 1–16, 2018.

SILVA, K. H. E; TEIXEIRA, M. DO C.; STRACKE, M. P.; *et al.* Evaluation of the compost barn system of milk producers from cooperatives in the mission region. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 3, p. 27227–27241, 2021.

SILVA, M. V. DA; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P. DE; *et al.* Spatial variability and exploratory inference of abiotic factors in barn compost confinement for cattle in the semiarid. *Journal of Thermal Biology*, v. 94, p. 1–11, 2020.

SMITH, D. L.; SMITH, T.; RUDE, B. J.; WARD, S. H. Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 5, p. 3028–3033, 2013.

VALENTE, D. A.; SOUZA, C. F.; ANDRADE, R. R.; *et al.* Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. *Agronomy Research*, v. 18, n. 2, p. 1547–1555, 2020. Disponível em: <<https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/5701>>.

VARGAS, L. H.; LANA, R. D. P.; JHAM, G. N.; *et al.* Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: Parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 1, p. 522–529, 2002.

VIEIRA, F. M. C.; SOARES, A. A.; HERBUT, P.; *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. *Animals*, v. 11, n. 1197, p. 1–19, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33919438/>>.

WEBER, C. T.; SCHNEIDER, C. L. C.; BUSANELLO, M.; *et al.* Season effects on the composition of milk produced by a Holstein herd managed under semi-confinement followed by compost bedded dairy barn management. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 5, p. 1667–1678, 2020. Disponível em: <[https://repositorio.usp.br/directbitstream/2b38b2bf-0673-4337-965f-8c6f879931bc/3001402-Season effects on the composition of milk produced by a Holstein....pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/2b38b2bf-0673-4337-965f-8c6f879931bc/3001402-Season%20effects%20on%20the%20composition%20of%20milk%20produced%20by%20a%20Holstein....pdf)>.

WHEELOCK, J. B.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; SANDERS, S. R.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v. 93, p. 644–655, 2009.

YAMEOGO, B.; ANDRADE, R. R.; JÚNIOR, C. G. S. T.; *et al.* Behavioural patterns of cows housed in two different typologies of compost-bedded pack barns. *Agronomy Research*, v. 19, n. S2, p. 1205–1215, 2021.

ZANELA, M. B.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M. E. R.; *et al.* Qualidade do leite em sistemas de produção na região Sul do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 1, p. 153–159, 2006.

Tabela 1 – Dados relativos a produção de leite, qualidade e composição de acordo com diferentes estudos envolvendo o sistema CB.

Autores	Número	Raça	Produção (kg/vaca/dia)	CCS (cels/mL)	CPP (UFC/mL)	Gord. (%)	Prot. (%)	Lac. (%)
Brasil								
Dalberto (2018)	15 vacas	Predominância de Holandesa	30,0	360.000	162.000	3,82	3,30	-
Damasceno (2012)	90 vacas	Jersey e Holandesa	20,2	-	-	3,85	2,35	-
Malheiros & Konrad (2019)	135 vacas	-	28,91	-	-	-	-	-
Marcondes, Mariano, Vries (2019)	18 fazendas	>75% Holandesa	19,22	256.000	-	3,80	3,27	-
Nogara <i>et al.</i> (2021)	49 vacas	Holandesa puro sangue e cruzamento entre Holandesa e Jersey	-	641.000	52.750	3,61	3,22	-
Silva (2018)	232 vacas	Predominância de Holandesa	30,4	~380.000	-	~ 3,49	~ 3,45	-
Silva <i>et al.</i> (2019)	490 vacas	Holandesa	30,2	245.000	24.000	-	-	-
Radavelli (2018)	30 fazendas	-	21,7	-	-	-	-	-
Itália								
Biasato <i>et al.</i> (2019)	11 fazendas	-	20,9	~ 50.000	-	4,04	3,48	-
Leso; Pellegrini; Barbari (2019)	112 vacas	Holandesa	30,8	354.000	-	3,67	3,48	-
Estados Unidos								
Albino <i>et al.</i> (2017)	128 vacas	Holandesa	-	516.569	1-95.575	-	-	-
Barberg <i>et al.</i> (2007)	12 fazendas	Holandesa (3 rebanhos mistos)	-	325.000	3,420	3,88	3,21	-
Borchers (2018)	10 fazendas	Holandesa	-	-	-	3,6	3,1	-
Eckelkamp <i>et al.</i> (2016)	182 vacas	-	33,69	230.000	-	-	-	-
Heins <i>et al.</i> (2019)	124 vacas	Holandesa pura e vários mestiços de outras raças	15,8	-	-	4,13	3,39	-

Lobeck <i>et al.</i> (2011)	6 fazendas	Predominância de Holandesa	34,7	434.000	-	-	-	-
--	---------------	-------------------------------	------	---------	---	---	---	---

CCS – contagem de células somáticas; CPP – contagem padrão em placas; Prot – proteína, Gord – gordura; Lac – lactose.

3 INFLUÊNCIA DO NÚMERO E ESTÁDIO DE LACTAÇÃO E DO NÍVEL PRODUTIVO NA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA *COMPOST BARN*

Resumo: Neste estudo avaliou-se a influência da produção de leite, número de lactações e dias em lactação (DEL) sobre a qualidade (contagem de células somáticas – CCS) e composição (gordura, proteína, lactose, nitrogênio ureico do leite) de leite de vacas alojadas em sistema *compost barn* (CB) no estado do Paraná, Brasil. O estudo foi realizado através da utilização de um banco de dados de seis anos, contabilizando 31.268 observações oriundas de 2.037 vacas leiteiras de raças europeias. Empregou-se como efeitos fixos o número de lactações (1, 2, 3 e >3), a produção de leite (<25, 25 a 40 e >40 litros) e o estágio de lactação (≤ 105 , 106 a 205, 206 a 305 > 305 dias). Todos os dados foram analisados através do PROC GLIMMIX do SAS, considerando diferenças estatísticas significativas ao nível de 0,05 (5%) de probabilidade. Constatou-se que vacas multíparas apresentaram maior teor de gordura e proteína, enquanto a lactose apresentou altos teores durante a primeira lactação (4,73%) e no estágio inicial de lactação (4,64%). O nitrogênio ureico do leite (NUL) também se apresentou mais elevado durante a primeira lactação (14,08 mg/dL) e para vacas com DEL de 106 a 205 dias (14,00 mg/dL). As produções de leite acima de 40 litros favorecem maior teores de lactose e NUL. Portanto, o teor de sólidos do leite é influenciado pelas lactações, principalmente a lactose, a qual tende a reduzir ao longo das mesmas. Já o DEL avançado proporciona a concentração de sólidos pela menor produção de leite, e a CCS do leite tende a aumentar conforme aumenta as lactações, em função da maior exposição aos agentes causadores da mastite.

Palavras-Chave: Confinamento, fisiologia da lactação, vacas leiteiras.

Abstract: In this study, we evaluated the influence of milk production, number of lactations and days in milk (DIM) on the quality and composition of milk from dairy cows housed in a compost barn (CB) system in the state of Paraná, Brazil. The study was carried out using a six-year database, counting 31,268 observations from 2,037 dairy cows of European breeds. The number of lactations (1, 2, 3 and >3), milk production (≤ 25 , 25 to 40 and >40 liters) and stage of lactation (≤ 105 , 106 to 205, 206 to 305 > 305 days) were used as fixed effects. All data were analyzed using the SAS PROC GLIMMIX, considering statistically significant differences at the level of 0.05 (5%) probability. Multiparous cows showed higher production of fat and protein. The productive levels that most favored high levels of milk components

were from 5 to 40 liters of milk. Lactose showed high levels in the first lactation and in the initial stage of lactation (4.65%) and was negatively influenced by the somatic cell count. Urea was higher (14.01%) among 106 to 205 days in milk, and the other components were higher at >305 days. Therefore, the solids contents were higher in the first and second lactations, due to the high contents of lactose, fat, and milk protein, but lactose reduces along the lactations. On the other hand, high DEL increases SCC and concentrates solids due to lower milk production.

Keywords: Confinement, lactation physiology, dairy cows.

3.1 INTRODUÇÃO

Para os laticínios, é de grande importância a captação de grandes volumes diários de leite e com pequena variação sazonal, refletindo na forma de pagamento para o produtor (GONZALEZ *et al.*, 2004). Porém, mesmo com todo o avanço tecnológico já disponível para o manejo e produção animal, ainda existe grande variabilidade nos sistemas de produção (VOGES; NETO; KAZAMA, 2015) e na qualidade do leite produzido pelas fazendas leiteiras. Para minimizar perdas produtivas e econômicas, o monitoramento de dados de produção de leite, ordem de parto, dias em lactação, teor de gordura, proteína e lactose do leite favorecem que medidas corretivas sejam empregadas de forma rápida (CALGARO *et al.*, 2020).

Com o aumento do número de lactações e a lactação prolongada há um efeito negativo sobre a qualidade do leite e a sanidade da glândula mamária (SABEK *et al.*, 2021) em virtude de infecções intramamárias (HARMON, 1994) que animais mais velhos acabam sendo expostos (MAGALHÃES *et al.*, 2006). O aumento da CCS conforme a ordem de parto contribui para o decréscimo no teor de lactose (NORO *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2009). Vacas primíparas e secundíparas apresentam maiores valores de nitrogênio ureico do leite (NUL), de 16,79 e 16,81%, respectivamente (SABEK *et al.*, 2021), e vacas com lactações avançadas menores produções de leite e concentração dos teores proteicos oriundos da proteína total e verdadeira do leite (ZAFALON *et al.*, 2008). Porém, muitos dos estudos encontrados na literatura não realizam este tipo de investigação em sistemas confinados.

A ordem de parto e os estádios de lactação influenciaram na produção e composição do leite de 110 vacas da raça Holandesa, alojadas em sistema *free-stall*, recebendo a mesma dieta (DIAS *et al.*, 2017). A lactose diminuiu 6,54% entre a primeira e a quarta lactação, e a CCS aumentou 161,32%, porém a CCS aumentou ainda mais (659%) comparando o estágio inicial com o final da lactação. Já em *compost barn* (CB), os estudos relatando a influência de

traços fisiológicos de vacas leiteiras sobre a composição e qualidade do leite na literatura brasileira são escassos, porém sugerem o impacto da CCS sobre o conteúdo de lactose (KAPPES *et al.*, 2020).

Nesse sentido, devido à carência de estudos relacionados ao sistema CB são necessárias mais pesquisas nesta área. Objetivou-se analisar a influência da produção de leite, número de lactações e dias em lactação (DEL) sobre a qualidade e composição de leite de vacas leiteiras alojadas em sistema CB, através de um banco de dados de seis anos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Caracteriza-se este estudo como descritivo, pois não houve controle sobre as propriedades.

Os dados da composição e qualidade do leite de quatro diferentes rebanhos, do município de Castro/PR (24°47'32" Sul e 50°0'42" Oeste, a 996 metros acima do nível do mar, clima subtropical úmido segundo classificação de Köppen, temperatura média de 17°C), foram obtidos através de uma base de dados. Todas as fazendas apresentavam condições de criação semelhantes, pois mantinham os animais confinados em sistema CB, com cama de serragem e maravalha. As vacas leiteiras pertenciam ao grupo racial de origem europeia, com predominância de animais da raça Holandesa.

Os dados foram fornecidos pela Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), de Curitiba/PR, e compreenderam 60 meses de avaliação, entre os anos de 2016 e 2021. Apenas uma propriedade começou a realizar o controle leiteiro a partir de 2019, o que ocasionou o menor número de informações relativas a este rebanho.

As variáveis do leite analisadas foram: gordura (%), proteína (%), lactose (%), NUL (mg/dL) e CCS (célis/mL) do leite, juntamente com o nível produtivo dos rebanhos, DEL e número de lactações. Na Tabela 1 encontra-se a estatística descritiva dos dados.

Tabela 1. Estatística descritiva da distribuição dos dados referente a produção de leite.

Variável	N ¹	Mín ²	Mediana	Média	Máx ³
Lactação					
1	10.566	5,90	33.40	33.45	70,00
2	8.749	6,00	38.20	38.00	74,50
3	6.025	7,20	39.30	39.07	79,00
> 3	5.928	5,20	38.65	38.59	79,20
Produção de Leite					
< 25 litros	4.110	5,20	21.25	20.24	24,90
25 a 40 litros	15.743	25,00	33.20	32.98	40,00
> 40 litros	11.415	40,10	46.50	47.98	79,20
DEL⁴					
≤ 105	9.224	5,20	42.40	42.46	79,00
106 a 205	9.189	5,90	39.00	39.20	79,20
206 a 305	8.176	6,10	33.10	33.27	65,10
> 305	4.679	5,50	26.80	26.99	64,70

¹ Número de observações, ² valores mínimos, ³ valores máximos, ⁴ dias em lactação.

A análise via espectrofotometria de infravermelho foi empregada para a determinação da gordura, proteína, lactose e ureia do leite (Bentley model 2000, Bentley Instruments Inc., Chaska, MN, USA). A CCS foi contabilizada através de um contador eletrônico (Somacount 500, Bentley Instruments Inc., Chaska, MN, USA) (ALMEIDA *et al.*, 2021).

Com todos os dados tabulados, tomou-se como amostra inicial 46.423 observações oriundas de 2.200 vacas, porém algumas exclusões a partir de foram realizadas, visando eliminar alguns efeitos tendenciosos, os quais poderiam influenciar na resposta final. Este ponto de corte foi definido com base no percentil 90 do coeficiente de variação dos dados e, portanto, excluiu-se 10% destes com maior variação no número de vacas testadas.

Para estas exclusões categorizaram-se alguns dados extremos, como: lactações muito avançadas (> 7 lactações), produção de leite (de < 5 e > 80 litros diários), dias em lactação (< 5 e ≥ 500 dias), gordura do leite ($< 2,00$ e $\geq 6,00\%$), proteína ($< 2,00$ e $\geq 6,00\%$), lactose ($< 3,00$ e $\geq 6,00\%$), sólidos totais (ST) ($< 8,00$ e $\geq 16,00\%$), ureia ($< 7,00$ e $\geq 25,00$) e CCS (< 1.000 e $\geq 5.000.000$ céls/mL). Após todas as exclusões restaram 31.268 observações oriundas de 2.037 vacas (Figura 1).

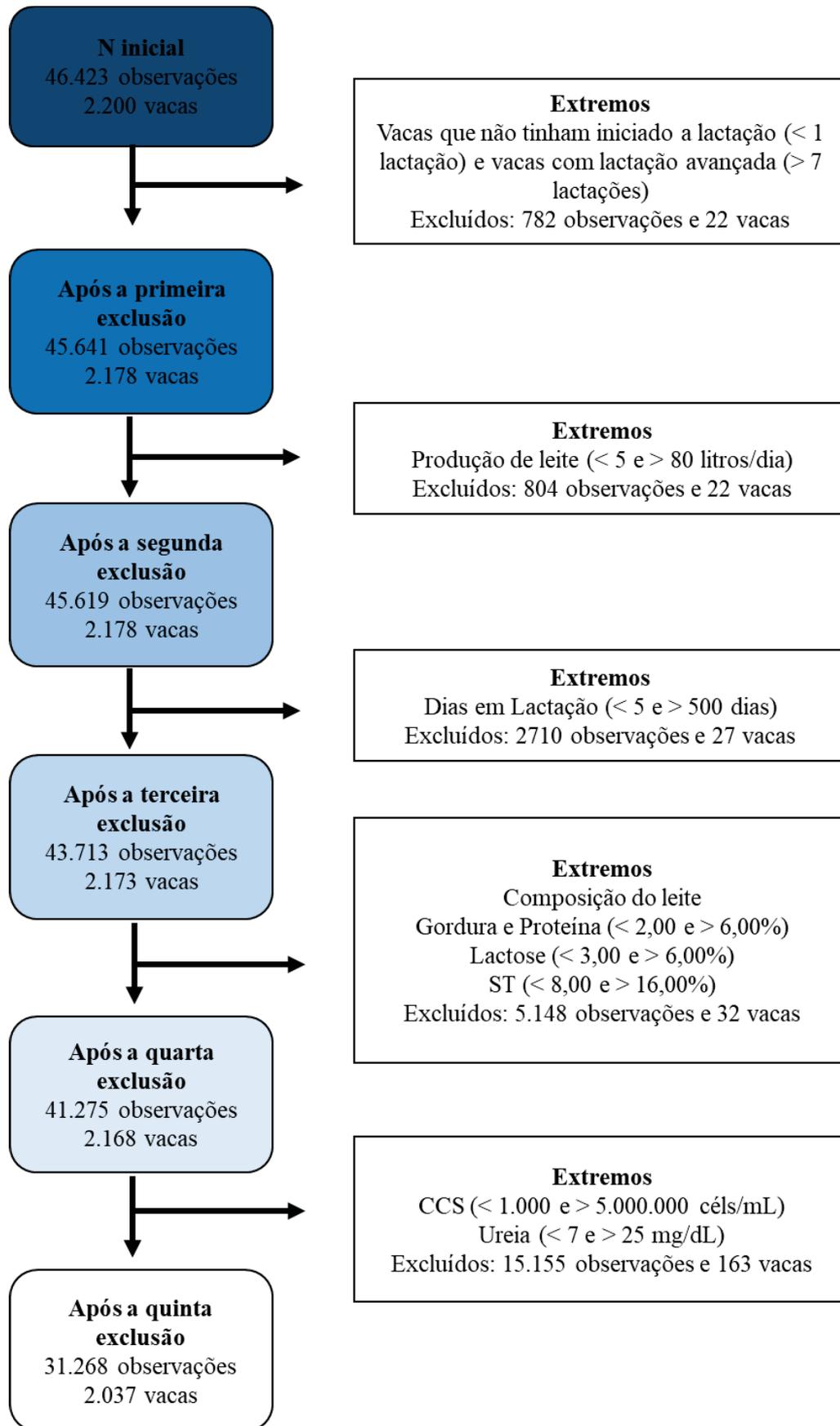


Figura 1: Distribuição dos dados e exclusão de dados extremos.

Fonte: Autora (2022).

Foram feitas categorizações para DEL, número de lactações e produção de leite. As lactações foram consideradas como 1, 2, 3 e >3, enquanto a PL foi categorizada em ≤ 25 litros, 25 a 40 litros e > 40 litros, e o DEL em ≤ 105 dias, 106 a 205 dias, 206 a 305 dias e > 305 dias. Para a análise dos dados, utilizou-se um modelo linear generalizado misto. Para a modelagem foram incluídos como componentes fixos o número de lactações, as categorias de produção de leite e DEL, e as vacas foram consideradas efeitos aleatórios como medidas repetidas para um mesmo animal analisado em diferentes meses. O modelo estatístico empregado segue abaixo:

$$y_{ijklmn} = \mu + prod_i + Lact_j + PL_k + DEL_l + Vaca_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

onde,

y_{ijklmn} = medida da variável resposta para a n -ésima observação;

μ = constante comum a todas as observações;

$prod_i$ = covariável produção de leite;

$Lact_j$ = efeito fixo do número de lactações com $j=4$;

PL_k = efeito fixo da categoria de produção de leite com $k=3$;

DEL_l = efeito fixo de dias em lactação com $l=4$;

$Vaca_m$ = efeito aleatório de medida repetida de vaca ao longo dos meses;

ε_{ijklmn} = erro aleatório associado à observação y_{ijklmn} .

Todos os dados foram analisados através do PROC GLIMMIX do SAS University Edition (SAS Institute, 2012), considerando diferenças estatísticas significativas ao nível de 0,05 (5%) de probabilidade.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Gordura

Não houve diferença estatística no teor de gordura entre a segunda e a terceira lactação (3,65 e 3,64%, respectivamente), sendo os maiores teores deste componente verificados nestas lactações em comparação com a primeira (3,59%) e acima de três lactações (3,58%) (Tabela 2). Ainda assim, o maior teor de gordura (3,95%) foi encontrado em produções de leite < 25 litros e acima de 305 de DEL (3,79%).

Tabela 2. Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no teor de gordura do leite.

Variável	Gordura (%)			
	N ¹	Média %	Erro Padrão	P valor
Lactação				<0.0001
1	10.566	3,59 b	0.031	
2	8.749	3,65 a	0.032	
3	6.025	3,64 a	0.032	
> 3	5.928	3,58 b	0.032	
Produção de Leite				<0.0001
< 25 litros	4.110	3,95 a	0.031	
25 a 40 litros	15.743	3,62 b	0.032	
> 40 litros	11.415	3,26 c	0.033	
DEL²				<0.0001
≤ 105	9.224	3,50 c	0.032	
106 a 205	9.189	3,51 c	0.032	
206 a 305	8.176	3,66 b	0.032	
> 305	4.679	3,79 a	0.032	

¹Número de observações, ²dias em lactação.

Médias com letras iguais nas colunas, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5%.

3.3.2 Proteína

O teor de proteína do leite apresentou diferença estatística entre as lactações estudadas ($p < 0.0001$) com valor superior na segunda lactação (3,41%) e menor em vacas com mais de três lactações (3,30%) (Tabela 3). A proteína do leite apresentou padrão semelhante ao componente gordura, sendo superior em produções de < 25 litros (3,53%) e em > 305 DEL (3,54%).

Tabela 3. Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no teor de proteína do leite.

Variável	Proteína (%)			P valor
	N ¹	Média %	Erro Padrão	
Lactação				<0.0001
1	10.566	3,36 c	0.010	
2	8.749	3,41 a	0.010	
3	6.025	3,38 b	0.010	
> 3	5.928	3,30 d	0.010	
Produção de Leite				<0.0001
< 25 litros	4.110	3,53 a	0,010	
25 a 40 litros	15.743	3,37 b	0,010	
> 40 litros	11.415	3,19 c	0,010	
DEL²				<0.0001
≤ 105	9.224	3,16 d	0.010	
106 a 205	9.189	3,33 c	0.010	
206 a 305	8.176	3,43 b	0.010	
> 305	4.679	3,54 a	0.011	

¹Número de observações, ² dias em lactação.

Médias com letras iguais nas colunas, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5%.

3.3.3 Lactose

O teor de lactose apresentou diferença entre as diferentes lactações, além de diminuir 5,07% entre a primeira lactação e acima de três lactações. Em produções de leite acima de 40 litros e DEL ≤ 105 foram verificados os maiores teores de lactose (4,66% e 4,64%, respectivamente) (Tabela 4).

Tabela 4. Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no teor de lactose do leite.

Variável	N ¹	Lactose (%)		
		Média %	Erro Padrão	P valor
Lactação				<0.0001
1	10.566	4,73 a	0.005	
2	8.749	4,59 b	0.005	
3	6.025	4,53 c	0.005	
> 3	5.928	4,49 d	0.005	
Produção de Leite				<0.0001
< 25 litros	4.110	4,49 c	0.005	
25 a 40 litros	15.743	4,61 b	0.005	
> 40 litros	11.415	4,66 a	0.005	
DEL²				<0.0001
≤ 105	9.224	4,64 a	0.005	
106 a 205	9.189	4,62 b	0.005	
206 a 305	8.176	4,57 c	0.005	
> 305	4.679	4,50 d	0.005	

¹Número de observações, ² dias em lactação.

Médias com letras iguais nas colunas, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5%.

3.3.4 Sólidos Totais

Os teores de sólidos totais do leite se apresentam iguais estatisticamente entre a primeira e segunda lactação (12,65 e 12,62%, respectivamente) e diminuíram a partir de produções acima de 25 litros. O DEL que proporcionou maior teor de sólidos foi acima de 305 dias (12,80%) (Tabela 5).

Tabela 5. Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL nos teores de sólidos totais do leite.

Variável	N ¹	Sólidos Totais (%)		
		Média %	Erro Padrão	P valor
Lactação				<0.0001
1	10.566	12,65 a	0.037	
2	8.749	12,62 a	0.037	
3	6.025	12,51 b	0.038	
> 3	5.928	12,32 c	0.038	
Produção de Leite				<0.0001
< 25 litros	4.110	12,94 a	0.037	
25 a 40 litros	15.743	12,57 b	0.037	
> 40 litros	11.415	12,06 c	0.038	
DEL²				<0.0001
≤ 105	9.224	12,25 d	0.037	
106 a 205	9.189	12,42 c	0.037	
206 a 305	8.176	12,63 b	0.037	
> 305	4.679	12,80 a	0.038	

¹ Número de observações, ² dias em lactação.

Médias com letras iguais nas colunas, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5%.

3.3.5 Nitrogênio ureico

O NUL foi superior na primeira lactação (14,08 mg/dL) em comparação às demais, caracterizando uma queda de 5,82%. Menores teores de NUL foram verificados em produções < 25 litros (13,28 mg/dL). Porém, em relação ao DEL, o NUL foi superior entre 106 a 205 dias (14,00 mg/dL) (Tabela 6).

Tabela 6. Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL no nitrogênio ureico do leite.

Variável	Nitrogênio ureico (mg/dL)			
	N ¹	Média %	Erro Padrão	P valor
Lactação				<0.0001
1	10.566	14,08 a	0.230	
2	8.749	13,74 b	0.230	
3	6.025	13,51 c	0.230	
> 3	5.928	13,26 d	0.230	
Produção de Leite				<0.0001
< 25 litros	4.110	13,28 b	0.228	
25 a 40 litros	15.743	13,83 a	0.229	
> 40 litros	11.415	13,83 a	0.232	
DEL²				<0.0001
≤ 105	9.224	13,40 c	0.230	
106 a 205	9.189	14,00 a	0.230	
206 a 305	8.176	13,74 b	0.230	
> 305	4.679	13,44 c	0.231	

¹Número de observações, ² dias em lactação.

Médias com letras iguais nas colunas, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5%.

3.3.6 CCS

Observou-se que a CCS se apresenta mais elevada em vacas com maior número de lactações (>3) e com mais de 305 dias de DEL (174.013 e 117.300 céls/mL, respectivamente). Vacas com produções acima de litros também apresentaram média de CCS mais elevada (159.465 céls/mL) em comparação com as demais.

Tabela 7. Influência das variáveis lactação, produção de leite e DEL na CCS do leite.

Variável	N ¹	CCS (céls/mL)		
		Média céls/mL	Erro Padrão	P valor
Lactação				<0.0001
1	10.566	54.480 d	0.037	
2	8.749	71.214 c	0.037	
3	6.025	105.510 b	0.038	
> 3	5.928	174.013 a	0.038	
Produção de Leite				<0.0001
< 25 litros	4.110	92.000 b	0.036	
25 a 40 litros	15.743	52.852 c	0.037	
> 40 litros	11.415	159.465 a	0.040	
DEL²				<0.0001
≤ 105	9.224	73.325 d	0.038	
106 a 205	9.189	84.903 c	0.037	
206 a 305	8.176	97.548 b	0.037	
> 305	4.679	117.300 a	0.039	

¹Número de observações, ² dias em lactação.

Médias com letras iguais nas colunas, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5%.

3.4 DISCUSSÃO

No presente estudo, os teores de gordura e proteína do leite foram superiores em vacas multíparas. Estes componentes, assim como o volume produzido, também foram elevados em vacas multíparas (4,14%; 3,18% e 22,47 litros, respectivamente) do que primíparas (3,82%; 3,01% e 19,26 litros, respectivamente) conforme dados de Sitkowska (2008).

Reduções de 8,35% no teor de gordura foram verificadas em produções acima de 25 litros de leite diários. Isto ocorre através do efeito de diluição, favorecido pelo acréscimo na produção de leite (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2010). O teor de gordura do leite apresenta-se com menor expressividade na raça Holandesa, devido a significativa produção de leite desta raça (LUDOVICO; TRENTIN; RÊGO, 2019). Quanto maior o nível produtivo do animal, menor é a porcentagem de gordura do leite (> 25 litros = 3,11%), da mesma forma que, quando a produção é inferior (< 15 litros) e maior o DEL (> 316 dias), maior é a concentração dos sólidos totais, gordura e proteína (CABRAL *et al.*, 2016), o que não ocorre de forma benéfica. O alto número de lactações está associado com maiores produções de leite em CB (KAPPES *et al.*, 2020), porém quando passa de cinco lactações já ocorre um efeito inverso (ZAFALON *et al.*, 2005).

O teor de lactose apresentou decréscimo de 3,01% conforme avanço do DEL e 5,07% quando aumentou o número de lactações nos rebanhos avaliados da raça europeia. Sabek *et al.* (2021) relatam que o aumento do número de lactações dos animais e o DEL favorecem que mudanças nas características do leite ocorram, dentre elas a redução do teor de lactose. O açúcar do leite apresenta correlação negativa com a CCS e o número de lactações dos animais, onde com o aumento da CCS ocorre uma redução nos teores de lactose e, conseqüentemente, menor produção de leite. Dados semelhantes também foram registrados por Kappes *et al.* (2020) em sistema CB, onde a lactose sofreu efeito do número de lactações, CCS e profundidade do úbere.

A lactose do leite é um importante regulador osmótico, pois está diretamente relacionado com o direcionamento de água para a glândula mamária, contribuindo assim para o volume de leite produzido. No presente estudo, o maior teor de lactose (4,66%) foi verificado em produções de leite acima de 40 litros. Este fato justifica a alta correlação (0,98) entre a lactose e a produção de leite (MIGLIOR *et al.*, 2007). Os mesmos autores ainda verificaram herdabilidade de magnitude moderada a alta (0,48 a 0,51) deste componente.

Os fatores que contribuem para a variação nos teores de lactose são o estágio de lactação, produção de leite, ordem de parto, idade do animal, raça, etc. (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2010). Segundo Ribeiro *et al.* (2009), vacas multíparas das raças Gir e Guzerá apresentaram teores de lactose (4,60 e 4,48%, respectivamente) próximos ao verificado no presente estudo com vacas de raças europeias (4,49 a 4,73%). Comparando dados de 32 vacas ½ sangue Pardo-suíças e Holandesas, no terço inicial da lactação, não foi verificada variação no teor de lactose entre os grupos genéticos, obtendo um teor médio de 4,61% (DEITOS; MAGGIONI; ROMERO, 2010). Estes dados reforçam que o açúcar do leite apresenta baixa variabilidade (KASKOUS, 2018). A lactose é ainda o componente que mais contribui para o teor de ST (> 4,3%) (SANTOS & FONSECA, 2019) e, possivelmente, por isso favoreceu que os teores de ST fossem maiores durante a primeira e segunda lactação (12,65 e 12,62%, respectivamente).

A quantificação do teor de sólidos é importante para avaliar a qualidade nutricional do leite. É através destes que a indústria láctea realiza a bonificação e/ou pagamento por qualidade (CABRAL *et al.*, 2016), com o objetivo de estimular a especialização na atividade leiteira, atingindo níveis mais altos de competitividade neste setor (MONTEIRO JUNIOR *et al.*, 2021). Auld *et al.* (2007) salientam também a influência da lactação extensa (> 16 meses) sob a redução do teor de sólidos no leite, visto que as perdas foram pequenas de 10 até

16 meses. Já em nosso estudo, verificamos que altos teores de ST foram verificados em DEL acima de 305 dias (12,80%), possivelmente em virtude da menor produção de leite das vacas neste período da lactação.

A produção de ureia no fígado, via ciclo da ureia, é oriunda da proteína da dieta de vacas leiteiras que está em excesso e não é utilizada (ou oriunda da falta de sincronismo em ambiente ruminal, por baixo teor dietético de amido), e que via circulação sanguínea atinge outros tecidos, como a glândula mamária, e por esta razão pode ser mensurada no leite (TELEVIČIUS *et al.*, 2021; VLIZLO *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2021). No presente estudo verificou-se um aumento de 4,14% no NUL a partir de produções diárias de 25 litros, fato este que pode ser explicado porque o NUL é positivamente associado com a produção de leite (DOSKA *et al.*, 2012). A ureia é um componente do leite que reflete o manejo nutricional do rebanho, sendo um indicador direto da ingestão e metabolismo de proteínas, ou seja, da condição nutricional da vaca, do balanço energético e proteico, além de indicar a ocorrência de desordens metabólicas (EICHER; BOUCHARD; BIGRAS-POULIN, 1999; VLIZLO *et al.*, 2021).

Existe uma associação negativa entre a taxa de prenhez e níveis de NUL no leite, sendo que níveis de NUL acima de 19 mg/dL promovem reduções no desempenho reprodutivo (TELEVIČIUS *et al.*, 2021). Já Almeida *et al.* (2021), estudando três rebanhos leiteiros alojados em *free-stall* no sul do Brasil, verificaram que concentrações de NUL não devem ser superiores a 15,5 mg/dL, antes da concepção, pois pode impactar negativamente na futura produção de leite e na fertilidade das vacas. Considerando este limite, podemos afirmar que os rebanhos analisados apresentavam teores adequados de NUL (13,26 a 14,08 mg/dL).

Os maiores teores de NUL no leite foram positivamente associados ($P < 0.0001$) com a primeira lactação (14,08%), seguido por um decréscimo de 5,82% em vacas com mais de três lactações. Altos teores de NUL também foram verificados na primeira lactação (16,16 mg/dL) em rebanhos leiteiros do estado do Paraná (DOSKA *et al.*, 2012), provavelmente em virtude do sobre fornecimento de proteína para esta categoria. Porém, alterações no NUL podem ser consequência do estado fisiológico dos animais, visto que mesmo fornecendo a mesma alimentação (dieta única) para as vacas, em sistema *tie-stall*, ainda assim foram verificados altos teores de NUL tanto na primeira como na segunda lactação (SABEK *et al.*, 2021). Adicionalmente, os mesmos autores também verificaram que os maiores teores de NUL (17,01 e 16,95 mg/dL) foram encontrados entre DEL de 101-200 e 201-305 dias, respectivamente.

Vacas mais novas do rebanho apresentaram melhor sanidade da glândula mamária, visto que temporariamente são menos expostas a riscos ambientais e contagiosos quando comparadas com vacas multíparas. Por este fato, vacas primíparas e no início da lactação apresentaram menor CCS (54.480 e 73.325 céls/mL) no presente estudo, o que indica um bom manejo durante o período seco. A ordem de parição influencia no aumento da CCS do leite, visto que de 2.657 animais, 764 deles (com ≥ 3 lactações), ou seja, 28,75% das vacas apresentaram infecção intramamária (SOUZA *et al.*, 2009). Há uma probabilidade maior de vacas com maior número de lactações apresentarem mastite subclínica, devido ao aumento da CCS individual desses animais (SCHUNIG, 2021).

A CCS alta (considerando vacas sadias aquelas com $CCS \leq 200.000$ céls/mL) é um indicador que está ocorrendo uma inflamação na glândula mamária (BOTTON *et al.*, 2019; SCHUNIG, 2021), podendo evoluir para uma mastite clínica ou subclínica. A mastite subclínica pode elevar o teor proteico total do leite, mesmo sem haver uma melhora na qualidade (ZAFALON *et al.*, 2008). No primeiro parto, as perdas oriundas da CCS são menores, em virtude destes animais terem menor contato com patógenos causadores da mastite. Com o avançar das lactações e aumento da idade, os animais vão se expondo mais e ficando mais susceptíveis à infecção (MAGALHÃES *et al.*, 2006). As estações do ano também têm reflexo nesta variável, já que durante o verão e o outono a incidência de mastite é mais predominante (404.000 e 438.000 céls/mL, respectivamente) do que na primavera e no inverno (341.000 e 308.000 céls/mL, respectivamente), considerando o sistema CB (WEBER *et al.*, 2020).

Além disso, altos valores de CCS oriundos de vacas com número de lactações extensas contribuem para o baixo conteúdo de lactose (4,36 %) (KAPPES *et al.*, 2020). Isto ocorre em virtude dos danos causados em células secretoras de leite, diminuindo a síntese de lactose e, conseqüentemente, a menor produção de leite e ST (HARMON, 1994; COELHO *et al.*, 2014; ALESSIO *et al.*, 2016; LUDOVICO; TRENTIN; RÊGO, 2019). Desta forma, a percentagem de lactose do leite apresenta correlação negativa com a CCS, variando de 0,41 a 0,49 (ECKSTEIN *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2018; SILVA & ANTUNES, 2018). Assim, a redução da lactose em casos de mastite ocorre porque há o consumo deste componente pelas bactérias, formando ácido láctico e levando à instabilidade da caseína (SANTOS & FONSECA, 2019).

As influências da ordem de parição e dias em lactação sobre a CCS já foram relatadas na literatura. Baixas médias de CCS durante a primeira lactação podem ser

atribuídas à sanidade da glândula mamária das primíparas (CABRAL *et al.*, 2016). Quanto mais elevado o número de lactações de uma vaca, maior o risco desta tornar-se uma fonte de infecção e transmissão de doenças dentro do rebanho (ZAFALON *et al.*, 2005). Adicionalmente, efeitos negativos sobre a CCS também são verificados em vacas com dias em lactação avançado (SCHUNIG, 2021). Dias *et al.* (2017) também relataram que a ordem de parto, assim como o estágio de lactação, influenciam na produção e composição do leite.

Apesar do banco de dados ter uma quantidade de observações consideráveis, as informações referentes ao manejo e nutrição são escassas. Adicionalmente, a literatura carece de estudos demonstrando o efeito da produção de leite, estágio e ordem de lactação sob o padrão da qualidade e composição do leite em CB, bem como a incidência e prevalência de mastite dentro desses rebanhos. Desse modo, as discussões neste tema ainda são pouco aprofundadas. Porém, sabemos que a limpeza dos animais é importante para preservar a qualidade do leite e a saúde das vacas leiteiras (KAPPES *et al.*, 2020). Em CB, é essencial o monitoramento da temperatura da cama para controlar a umidade da mesma, já que 31% da variação dos componentes do tanque são explicadas pelas variáveis do *compost barn* (NOGARA *et al.*, 2021).

3.5 CONCLUSÃO

O efeito da produção de leite, estágio e ordem de lactação sobre a composição e qualidade do leite de rebanhos alojados em CB apresenta o mesmo comportamento que em demais sistemas de produção. A produção de leite apresentou efeito sobre a gordura, proteína e sólidos totais do leite, em função do efeito de diluição em produções acima de 40 litros diários e com DEL avançado, onde maiores teores de ST foram verificados durante a primeira e segunda lactação de vacas leiteiras. A lactose, assim como o NUL, foram verificados com maior predominância em primíparas.

A CCS do leite tende a aumentar conforme aumenta as lactações, em função da maior exposição aos agentes causadores da mastite, porém o comprometimento na qualidade e composição do leite só são verificados a partir de cinco lactações. Com isso, uma boa sanidade da glândula mamária dos animais pode ser verificada neste estudo, pois a maior média obtida foi de 159.465 céls/mL, a qual caracteriza uma vaca sadia. Estes dados reforçam que estas fazendas analisadas conseguem obter um leite de qualidade, somando a sua remuneração potenciais bonificações por qualidade.

3.6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. *et al.* Associations of days open with milk urea nitrogen and other herd traits in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. 1–9, 2021. DOI: 10.37496/RBZ5020200081.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- AULDIST, M. J. *et al.* Effects of varying lactation length on milk production capacity of cows in pasture-based dairying systems. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3234–3241, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-683.
- BOTTON, F. S. *et al.* Relationship of total bacterial and somatic cell counts with milk production and composition – Multivariate analysis. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 41, n. 1, p. 1–9, 2019. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.42568.
- CABRAL, J. F. *et al.* Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 4, p. 244–255, 2016. DOI: 10.14295/2238-6416.v71i4.536.
- CALGARO, J. L. B. *et al.* Production and composition of milk per Holstein and Jersey cow from two farms in northwest Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim**, v. 21, p. 1–16, 2020.
- DEITOS, A. C.; MAGGIONI, D.; ROMERO, E. A. Produção e qualidade de leite de vacas de diferentes grupos genéticos. **Campo Digital**, v. 5, n. 1, p. 26–33, 2010.
- DIAS, M. B. C. *et al.* Milk composition and blood metabolic profile from holstein cows at different calving orders and lactation stages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 315, 2017. DOI: 10.4025/actascianimsci.v39i3.34807.
- DOSKA, M. C. *et al.* Sources of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 692–697, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000300032.
- ECKSTEIN, I. I. *et al.* Qualidade do leite e sua correlação com técnicas de manejo de ordenha. **Scientia Agraria Paranaensis - SAP**, v. 13, n. 2, p. 143–151, 2014. DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v13n2p143-151.
- EICHER, R.; BOUCHARD, E.; BIGRAS-POULIN, M. Factors affecting milk urea nitrogen and protein concentrations in Quebec dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 39, n. 1, p. 53–63, 1999. DOI: 10.1016/S0167-5877(98)00139-1.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. *et al.* Efeito da produção diária e da ordem de parto na composição físico-química do leite de vacas de raças zebuínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 25–30, 2010.
- GONZALEZ, H. L. *et al.* Avaliação da Qualidade do Leite na Bacia Leiteira de Pelotas, RS: Efeito dos Meses do Ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1531–1543, 2004.
- HARMON, R. J. Symposium: mastitis and genetic evaluation for somatic cell count. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2103–2112, 1994. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8.
- KAPPES, R. *et al.* Cow's functional traits and physiological status and their relation with milk yield and milk quality in a compost bedded pack barn system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. 1–13, 2020. DOI: 10.37496/rbz4920190213.

- KASKOUS, S. The effect of using quarter individual milking system “MultiLactor” on improvement of milk performance and milk quality of different dairy cows breeds in different farms. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 57, 2018. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i1.1591.
- LUDOVICO, A.; TRENTIN, M.; RÊGO, F. C. A. Fontes de variação da produção e composição de leite em vacas Holandesa, Jersey e Girolando. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 236–243, 2019. DOI: 10.21071/az.v68i262.4142.
- MAGALHÃES, H. R. *et al.* Influência de fatores de ambiente sobre a contagem de células somáticas e sua relação com perdas na produção de leite de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 415–421, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000200011.
- MIGLIOR, F. *et al.* Genetic Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Relationships with Other Production Traits in Canadian Holstein Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2468–2479, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-487.
- MONTEIRO JUNIOR, C. S. *et al.* Incentivos e tipologia de sistemas produtivos leiteiros que participam de programas para a melhoria da qualidade do leite. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 857–864, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021V14N4E7774.
- NOGARA, K. F. *et al.* Characterization and relationship between bulk tank milk composition and compost bedded variables from dairy barns in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 45, n. 5, p. 890–900, 2021. DOI: 10.3906/vet-2101-85.
- RIBEIRO, A. B. *et al.* e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 46–51, 2009.
- SABEK, A. *et al.* Effects of parity and days in milk on milk composition in correlation with β -hydroxybutyrate in tropic dairy cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 270, 2021. DOI: 10.1007/s11250-021-02690-7/Published.
- SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Controle de mastite e qualidade do leite - Desafios e soluções**. 1º ed. Pirassununga/SP.
- SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Disponível em: <https://odamid.oda.sas.com/SASStudio/>. Acesso em: 16 mar. 2022.
- SCHUNIG, R. **Risk factors associated with the increase of somatic cells count in milk at cow-level**. 2021. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2021. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/73796?show=full>>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- SILVA, J. E. *et al.* Effect of somatic cell count on milk yield and milk components in Holstein cows in a semi-arid climate in Brazil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 4, p. 391–402, 2018. DOI: 10.1590/s1519-99402018000400004.
- SILVA, J. C.; ANTUNES, R. C. Efeito do tipo de ordenha e do ambiente sobre a qualidade do leite cru com base na contagem de células somáticas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, p. 1–16, 2018. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-34635.

SITKOWSKA, B. Effect of the cow age group and lactation stage on the count of somatic cells in cow milk. **Journal of Central European Agriculture**, v. 9, n. 1, p. 57–62, 2008.

SOUZA, G. N. *et al.* Variação da contagem de células somáticas em vacas leiteiras de acordo com patógenos da mastite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1015–1020, 2009. DOI: 10.1590/S0102-09352009000500001.

TELEVIČIUS, M. *et al.* Influence of calving ease on in-line milk urea and relationship with other milk characteristics in dairy cows. **Agriculture (Switzerland)**, v. 11, n. 11, p. 1–13, 2021. DOI: 10.3390/agriculture11111159.

VLIZLO, V. V. *et al.* Functional state of the liver in cows with fatty liver disease. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 11, n. 3, p. 167–173, 2021. DOI: 10.15421/2021_159.

VOGES, J. G; NETO, A. T; KAZAMA, D. C. S. Qualidade do leite e a sua relação com o sistema de produção e a estrutura para ordenha. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v. 22, n. 3–4, p. 171–175, 2015. DOI: 10.4322/rbcv.2016.009.

WANG, D. *et al.* dairy cows: Potential solutions to reduce environmental nitrate contamination. **Genomics**, v. 113, n. 3, p. 1522–1533, 2021. DOI: 10.1016/j.ygeno.2021.03.024.

WEBER, C. T. Season effects on the composition of milk produced by a Holstein herd managed under semi-confinement followed by compost bedded dairy barn management. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 5, p. 1667–1678, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n5p1667.

ZAFALON, L. F. *et al.* Alterações da composição e da produção de leite oriundo de quartos mamários de vacas com e sem mastite subclínica de acordo com o estágio e o número de lactações. **Arquivo Instituto Biológico**, v. 72, n. 4, p. 419–426, 2005.

ZAFALON, L. F. *et al.* Influência da mastite subclínica Bovina sobre as frações protéicas do leite. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 2, p. 135–140, 2008. DOI: 10.1590/1808-1657v75p1352008.

4 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMAS *COMPOST BARN* NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ

Resumo: O sistema *compost barn* (CB) vem se difundindo entre as propriedades leiteiras do Brasil. Dentre seus benefícios, tem-se a menor ocupação de áreas de terras, maior conforto dos animais, maior produção de leite, menores problemas de pés e pernas, maior sanidade da glândula mamária e o reaproveitamento da cama como um futuro adubo para a agricultura. Porém, o sistema apresenta particularidades e adapta-se de maneira desigual em diferentes condições climáticas. Dessa forma, estudos que investigam a relação do ambiente dentro do CB com a cama e a cama com a qualidade e composição do leite são escassas. Por isso, objetivou-se analisar a qualidade e composição do leite de fazendas leiteiras paranaenses com o sistema CB, bem como verificar como as condições climáticas influenciam as variáveis da cama. Durante seis meses de estudo, foram acompanhadas oito fazendas leiteiras na Região dos Campos Gerais/PR, através da mensuração da temperatura da cama e velocidade do vento dentro da instalação, bem como a coleta de amostras da cama para posterior análise de umidade, pH, contagem microbiológica e relação carbono:nitrogênio. Também, registrou-se dados de temperatura e umidade relativa do ar dentro da instalação através de um *datalogger*. Os dados de composição (gordura, proteína, ureia e sólidos totais) e qualidade (contagem de células somáticas e contagem padrão em placas) do leite do tanque foram disponibilizados pelos próprios produtores. No geral, os resultados mostraram que a qualidade e composição do leite das fazendas acompanhadas está de acordo com a instrução normativa vigente (IN nº 76/2018). Através da análise de correlação canônica, observou-se que os parâmetros da cama que mais influenciaram a composição e a qualidade do leite foram a umidade, temperatura a 30 cm de profundidade e o pH da cama. As variáveis ambientais têm papel importante no funcionamento da cama, pois estão intimamente relacionadas à temperatura superficial e ao pH dela. Contudo, pode-se verificar que 62,71% da variação nos parâmetros do leite pode ser explicada pelas variáveis da cama e, 77,50% da variação nas variáveis da cama é causada pela ação de variáveis ambientais.

Palavras-Chave: ambiente, cama, confinamento, lácteos.

Abstract: The compost barn (CB) system has been spreading among dairy farms in Brazil. Among its benefits, there is a lower occupation of land areas, enhanced animal comfort, greater milk production, reduced foot and leg problems, greater health of the mammary gland

and the reuse of bedding as a future fertilizer for agriculture. Thus, studies that investigate the relationship of the environment within the CB with bed and bed with the quality and composition of milk are scarce. Therefore, this study aimed to analyse and characterize the quality and composition of milk from dairy farms in Paraná with the CB system, as well as to verify how climatic conditions influence bed variables. During six months of study, eight dairy farms in the region of Campos Gerais, Paraná state, Brazil were monitored, through the measurement of bed temperature and wind speed inside the facility, as well as the collection of bed samples for further analysis of humidity, pH, microbiological account, and carbon:nitrogen ratio. Also, temperature and relative humidity data were recorded inside the installation through a datalogger. Composition data (fat, protein, urea, and total solids) and quality (somatic cell count and standard plate count) of milk from the tank were made available by the producers themselves. The results showed that the quality and composition of the milk from the monitored farms is in accordance with the current normative instruction (IN nº 76/2018). Through canonical correlation analysis, it was observed that the bed parameters that most influenced the composition and quality of milk were humidity, temperature at 30 cm depth and pH. Environmental variables play an important role in bed operation, as they are closely related to the surface temperature and pH of the bed. However, 62.71% of the variation in the milk parameters can be explained by the bed variables, and 77.50% of the variation in the bed variables is caused by the action of environmental variables.

Keywords: environment, bedding, confinement, dairy products.

4.1 INTRODUÇÃO

Dentre as atividades agropecuárias, a bovinocultura de leite está inserida entre as que fornecem alimento à população (MELO *et al.*, 2016). Segundo a Organização das Nações Unidas - FAO (2019), o Brasil encontra-se na terceira colocação entre os maiores produtores de leite do mundo. O volume de leite obtido pelos laticínios em 2021 foi de 25,079 bilhões de litros, o que representa uma queda de 2,19% em relação a 2020, segundo os dados do IBGE. Os maiores contribuintes na produção foram os estados da região Sul, totalizando 9,8 bilhões de litros, porém o estado de Minas Gerais segue sendo o líder na produção brasileira (ANUÁRIO LEITE, 2022). Nos últimos anos, o crescimento na produção de leite nos estados da região Sul foi expressivamente alto, sendo 122% no Rio Grande do Sul, 177% no Paraná e 249% em Santa Catarina (ROCHA *et al.*, 2020). No Paraná, a atividade leiteira é de extrema importância para o agronegócio do estado, com significativa evolução nos últimos anos

(SILVA *et al.*, 2016). Possivelmente, este aumento deve-se pela busca da otimização na produção, através da melhoria na genética dos animais, a sua nutrição, manejo e ambiência.

Desse modo, a expansão de sistemas confinados por parte de fazendas leiteiras vem se destacando e ganhando a preferência dos produtores, visando a otimização de áreas de terras, além do maior bem-estar e conforto animal, refletindo em melhores índices produtivos (MOTA *et al.*, 2017; PIOVESAN; OLIVEIRA, 2020). Dentre eles, o sistema CB vem se difundindo nas regiões de clima subtropical, visando proporcionar melhores condições de conforto aos animais (VIEIRA *et al.*, 2021), sendo considerado um alojamento promissor (EMANUELSON *et al.*, 2022).

Dentre os benefícios do CB, um deles é a higiene dos animais (DAMASCENO, 2012). Para isto, o produtor deve planejar adequadamente o tamanho da área de descanso, visando maior conforto e limpeza dos animais, bem como a otimização do sistema (OFNER-SCHRÖCK *et al.*, 2015). O efeito do sistema sobre o conforto das vacas é explicado, principalmente, pelo material da cama utilizado (serragem e maravalha). Com uma cama seca e confortável, os animais permanecem mais tempo deitados, influenciando positivamente no processo de ruminação e produção de leite (FERRAZ *et al.*, 2020).

Quando o processo de compostagem está ativo (relação ótima entre a umidade e temperatura da cama e da temperatura interna da instalação) observa-se melhores condições de higiene dos animais e, conseqüentemente, maior sanidade da glândula mamária (ECKELKAMP *et al.*, 2016). Porém, o maior desafio no sistema é controlar a umidade da cama (BARBERG *et al.*, 2007; LOBECK *et al.*, 2012). Onde o manejo da cama não é bem realizado, como nas extremidades da cama, pode-se observar maior umidade, assim como em locais onde a passagem de animais é mais frequente (OLIVEIRA *et al.*, 2021), como a saída da pista de alimentação e próximo aos bebedouros.

Dados referentes à produção de leite em CB são mais difundidos na literatura (BLACK *et al.*, 2013; BREITENBACH, 2018; MARCONDES *et al.*, 2019). Porém, dados referentes à produção de leite em CB no estado do Paraná são mais restritos (PILATTI *et al.*, 2019), assim como pesquisas relacionando a composição e a qualidade do leite produzido neste sistema. Dessa forma, este estudo teve o objetivo de caracterizar a qualidade e composição do leite de fazendas leiteiras do estado do Paraná, que utilizam o sistema de produção CB. Além disso, também se investigou a influência de fatores climáticos sobre a cama.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – Brasil, sob o número de protocolo 046/2021.

O estudo foi designado como um estudo observacional, compreendendo as visitas de setembro de 2021 a fevereiro de 2022, através de coletas mensais. O critério de seleção das dez propriedades para o estudo foi baseado por conveniência, considerando as diferenças raciais, de produção, manejo de cama e o número de vacas em lactação, além da localização, exclusivamente nos Campos Gerais do Paraná, compreendendo os municípios de Castro e Piraí do Sul/PR.

Os rebanhos acompanhados continham o sistema de alojamento CB e as vacas ficavam todo o tempo confinadas. A composição racial dos rebanhos variava de misto (Jersey e Holandês) a unicamente com animais da raça Jersey ou Holandês, variando de 63 animais a 260 animais, com uma média de 163 animais por rebanho. Duas propriedades (4 e 8) foram excluídas da análise estatística, pois além do sistema CB uma continha o sistema *cross-ventilation* e a outra o *free-stall* (FS), onde o leite de ambos os sistemas se misturavam no tanque.

Os dados de composição e qualidade do leite do tanque (gordura, proteína, sólidos totais, ureia, CCS e CPP) foram fornecidos pelos próprios produtores, através dos resultados da análise semanal fornecida pelo laticínio que comercializa a matéria-prima. Já as variáveis da cama (temperatura superficial, temperatura a 10 cm de profundidade, temperatura a 20 cm de profundidade, temperatura a 30 cm de profundidade, pH, os níveis de carbono (C) e nitrogênio (N) e contagem microbiológica) foram coletadas, juntamente com a verificação da velocidade do vento dos ventiladores (quando presentes) e a medição do galpão.

4.2.1 Verificação da temperatura da cama

Em cada visita a verificação foi realizada em nove pontos de cada galpão (Figura 1), caracterizando a divisão em quadrantes, conforme a metodologia sugerida por Albino *et al.* (2017).

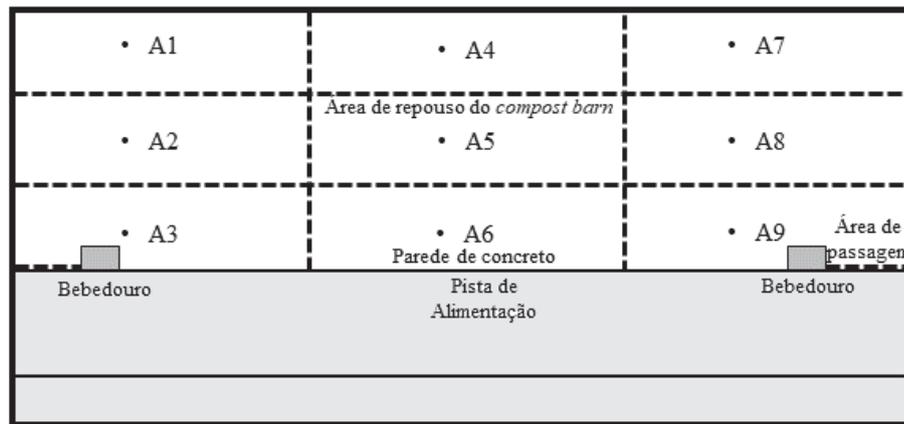


Figura 1: Design da divisão em quadrantes do galpão para verificação da temperatura da cama e coleta de amostras.

Fonte: Adaptado de Albino *et al* (2017).

Em cada um dos quadrantes, além da verificação das temperaturas em camadas (superfície, 10, 20 e 30 cm de profundidade) eram coletadas ainda pequenas amostras, cerca de 1 kg. Ao final da verificação, as amostras dos nove quadrantes eram homogeneizadas e formavam uma amostra representativa (300g) de toda a área de cama, a qual era acondicionada em sacos plásticos estéreis e identificada, para posterior análise de matéria seca, pH, microbiologia e quantificação de C e N da cama.

Imediatamente após a coleta, as amostras eram mantidas em caixa isotérmica forrada com gelo gel reciclável a fim de manter sua condição atual até seu possível congelamento.

A temperatura superficial da cama do CB foi mensurada através de um termômetro infravermelho 8:1 (*Simpla T155*) e as temperaturas a 10, 20 e 30 cm de profundidade, mensuradas por meio de um termômetro digital tipo espeto (marca *Hanna Instruments*).

4.2.2 Análise da umidade e pH da cama

No Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná, todas as amostras foram devidamente identificadas, pesadas e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 65°C, por 72 horas, para secagem. Após isto, as amostras foram novamente pesadas e seus respectivos pesos registrados. Verificando o peso inicial e final da amostra, obteve-se o teor de matéria seca (MS), e a partir deste obteve-se o teor de umidade de cada amostra, onde:

$$\text{Umidade (\%)} = 100 - \%MS$$

Feito isto, o próximo passo foi a realização da moagem das amostras em moinho do tipo Willey, utilizando a peneira de malha 1 mm.

Para a verificação do pH das amostras, utilizou-se uma alíquota de 5 g das amostras já moídas e acondicionadas em pequenos copos identificados. Nestes, adicionou-se ainda 50 mL de água destilada e foi levado para um agitador, por 15 minutos. Após, deixou-se as amostras repousando por 30 minutos. A leitura do pH das amostras foi realizada através de pHmetro Quimis (Figura 2C). Esta análise foi realizada através da adaptação da metodologia sugerida por Marques e Motta (2004).

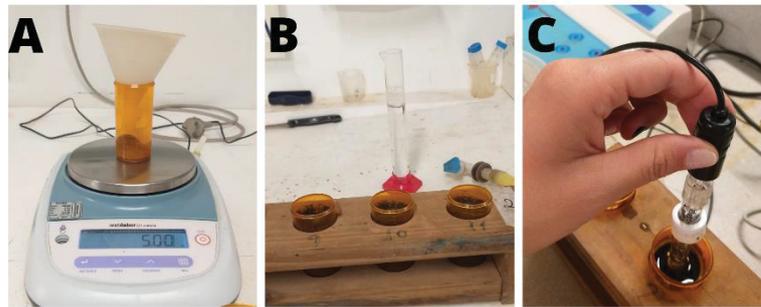


Figura 2: Mensuração do pH das amostras.

A: Pesagem de 5 g de amostra; B: Adição de 50 mL de água destilada; C: Mensuração do pH com pHmetro.
Fonte: Autora (2022).

4.2.3 Análise da relação carbono:nitrogênio (C:N) da cama

A determinação do balanço de nutrientes pode ser realizada via razão C:N, onde primeiramente as amostras necessitam passar por uma nova peneira de 0,25 mm, para separação das partículas menores.

No Laboratório de Nutrição de Plantas, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, pesou-se 12 mg de cada amostra, em balança de precisão (Marca Sartorius), em placa de estanho (Sn) e embrulhou-se a amostra, formando uma espécie de cápsula, após ser prensada (Figura 3).

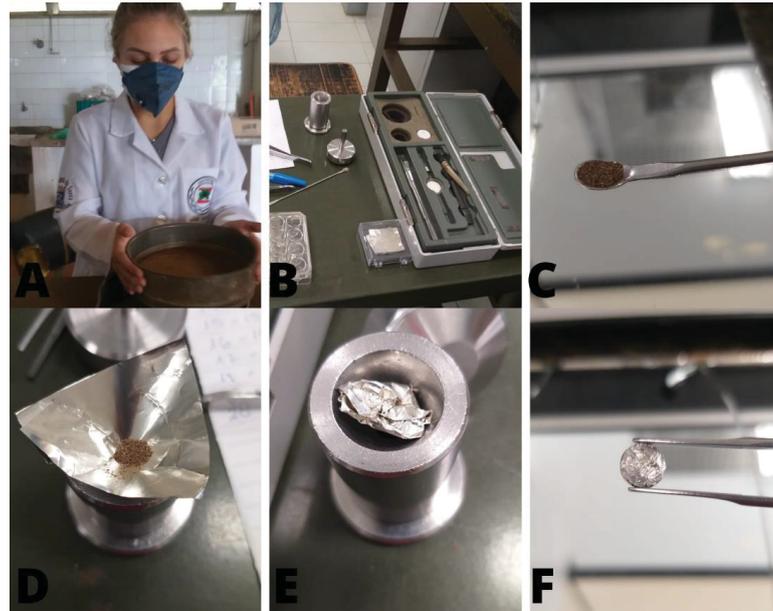


Figura 3: Demonstração do passo a passo da confecção da cápsula para análise de carbono e nitrogênio das amostras de cama.

A: Passagem das amostras na peneira de 0,25 mm; B: Materiais utilizados para confecção da cápsula; C: Aliquota de 12 mg de amostra utilizada para análise; D: Disposição da alíquota no centro da placa de Sn; E: Fechamento grosseiro da cápsula antes de receber a prensagem; F: Formato final da cápsula após prensagem.

Fonte: Autora (2022).

O método consiste em uma combustão a seco, sob temperatura de 975°C, através do equipamento Vario EL II (Elementar Analysensysteme, Hanau, Germany), detectando carbono e nitrogênio simultaneamente (DIECKOW *et al.*, 2007).

4.2.4 Mensuração da velocidade do vento dos ventiladores

A velocidade do vento dos ventiladores, tanto de teto como os de hélices, foi mensurada através de termo anemômetro (AK800A), marca AKSO. O equipamento era posicionado abaixo dos ventiladores de teto e em direção inclinada aos de hélice, de forma a simular a velocidade do vento que chega até as vacas e, conseqüentemente, até a cama.

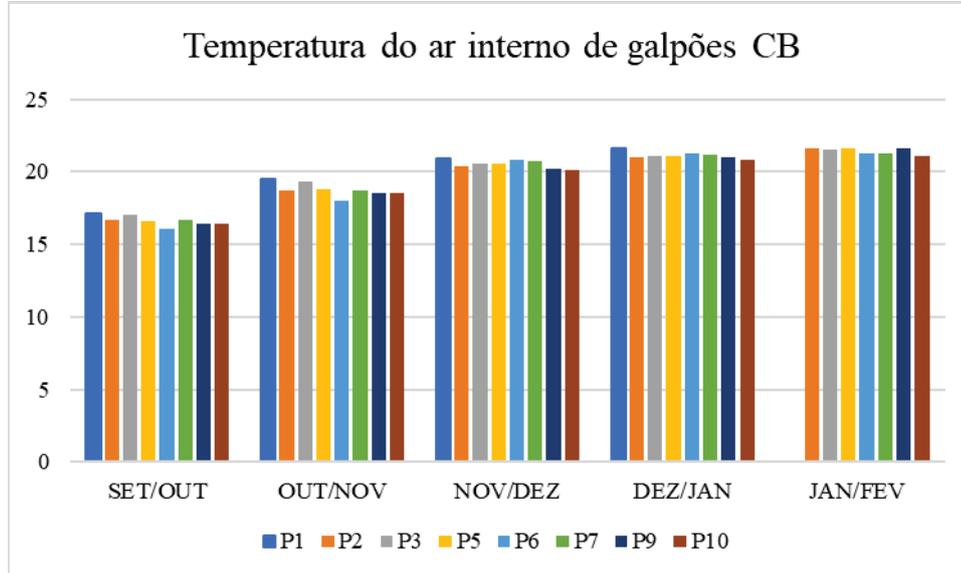
4.2.5 Mensuração das condições climáticas dentro do galpão

Através de um mini *datalogger* com conexão USB (AK172) foram registrados os dados de temperatura e umidade do ambiente, dentro do galpão. Os *dataloggers* foram alocados no centro do barracão (cerca de 2,5 metros de altura), ficando próximo das vacas, porém que elas não tivessem alcance ao mesmo. Este equipamento ficou no barracão até a última coleta.

Os equipamentos ficaram suspensos e a cada visita mensal os dados do mês correspondente eram descarregados em um notebook, e o *datalogger* era reprogramado para a

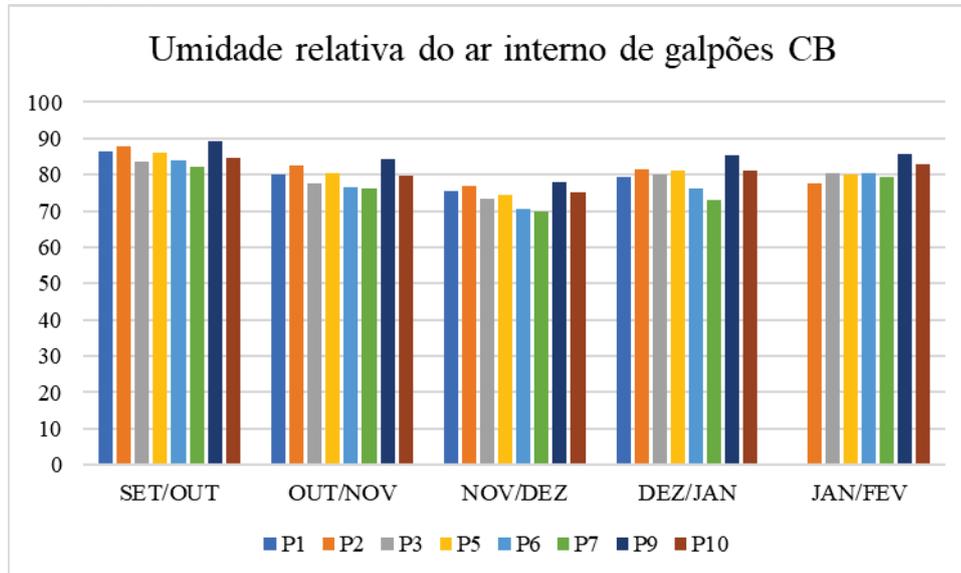
próxima verificação. O objetivo era avaliar as condições ambientais internas diárias do galpão.

GRÁFICO 1: TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS DO AR INTERNO DE GALPÕES CB.



FONTE: O autor (2022).

GRÁFICO 2: UMIDADE RELATIVA MÉDIA MENSAIS DO AR INTERNO DE GALPÕES CB.



FONTE: O autor (2022).

4.2.6 Medição da área de cama

Em todas as propriedades visitadas, realizou-se a medição da área da cama (largura e comprimento) com uma trena a laser da marca Bosch GLM 50. Além disso, mediu-se também a altura das muretas, altura do pé direito do galpão, altura dos ventiladores, tamanho dos bebedouros e da linha de cocho dos animais (dados não apresentados).

4.2.7 Análise microbiológica da cama

A análise de contagem microbiológica de bactérias totais, coliformes, estreptococos e estafilococos foi realizada pelo Laboratório de Pesquisa em Qualidade do Leite (QUALILEITE) da Universidade de São Paulo (USP). Adicionou-se 90 mL de água peptonada a 0,1% em 10 g de amostra, realizando em seguida a agitação por um minuto e posterior repouso por 2 minutos (ZDANOWICZ *et al.*, 2004).

Utilizou-se 100 mL da diluição (10^{-1} a 10^{-6}) e realizada a semeadura em ágar sangue, meio MacConkey, Edward's e Vogel and Johnson para contagem de bactérias totais, coliformes, estreptococos e estafilococos, respectivamente. Em seguida, procedeu-se a incubação por 24 horas, e posterior determinação das concentrações (expressas como \log_{10} ufc/g de cama) (FAVERO *et al.*, 2015a).

4.2.8 Análise estatística

Primeiramente foi realizada uma análise exploratória das variáveis de cama (umidade, TS, T10, T20, T30, pH, C, N e C:N), ambiente (T° e UR) e de qualidade e composição do leite (CCS, CPP, gordura, proteína e ureia) das oito fazendas acompanhadas durante os seis meses de estudo. Foram realizadas correlações de Pearson entre as variáveis, verificando alta correlação entre T10, T20 e T30, optando-se por usar somente TS e T30. Em relação aos componentes do leite, através da correlação linear simples, observou-se que ST apresentou alta correlação com gordura e proteína, e por este motivo ST foi retirado da análise.

O segundo estágio da análise contou com a utilização da análise de correlação canônica (ACC), buscando a relação entre os grupos de variáveis estudadas (V1 – variáveis respostas e W1 – variáveis preditoras). A partir disso formou-se grupos para posterior análise: grupo leite \times grupo cama (41 observações); grupo leite \times grupo microbiologia (47 observações); grupo leite \times grupo ambiente (38 observações); grupo cama \times grupo microbiologia (50 observações), grupo cama \times grupo ambiente (39 observações) e grupo microbiologia \times grupo ambiente (46 observações).

Para a correlação canônica entre os grupos leite \times cama, determinou-se como V1 as variáveis respostas relacionadas ao leite e como variáveis preditoras (W1) as da cama.

Para os grupos leite \times microbiologia, determinou-se como V1 as variáveis: CCS, CPP, gordura, proteína e ureia, e como variáveis W1: Staph, Strep, Enterobactérias e Contagem Total.

Para os grupos leite \times ambiente, determinou-se como V1 as variáveis: CCS, CPP, gordura, proteína e ureia., e como variáveis W1: T° ambiente e UR.

Para os cama × microbiologia, determinou-se como V1 as variáveis: Umidade, TS, T30, pH, C, N e C:N, e como variáveis W1: Staph, Strep, Enterobactérias e Contagem Total.

Para os cama × ambiente, determinou-se como V1 as variáveis: Umidade, TS, T30, pH, C, N e C:N, e como variáveis W1: T° ambiente e UR.

Para os microbiologia × ambiente, determinou-se como V1 as variáveis: Staph, Strep, Enterobactérias e Contagem Total, e como variáveis W1: T° ambiente e UR.

Posteriormente, a ACC foi estimada buscando determinar a magnitude das relações entre os indicadores do estudo. Esta técnica é baseada na correlação entre a combinação linear da definição de variáveis dependentes e a combinação linear de outras variáveis independentes. A combinação de variáveis é utilizada para comparação e predição (JOHNSON & WICHERN, 1986). A interpretação dos dados foi a partir da correlação simples entre a variável original e a variável canônica.

Todos os dados foram analisados através do PROC GLIMMIX do SAS University Edition (SAS Institute, 2012), considerando diferenças estatísticas significativas ao nível de 0,05 (5%) de probabilidade.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Estatística descritiva

A estatística descritiva média da caracterização das variáveis de qualidade e composição do leite, variáveis da cama e variáveis ambientais estão apresentadas na Tabela 1. As médias do conteúdo de CCS e CPP (designadas como de qualidade) foi de 281.787 céls/mL e 10.543 UFC/mL, respectivamente. O conteúdo de gordura médio do leite foi de 3,97%, enquanto a proteína foi de 3,36%. Já o teor médio de ST foi de 12,91% e a ureia de 13,57 mg/dL (Tabela 1).

Para as variáveis da cama do CB, observou-se umidade média de 56,42%, com temperatura superficial média, temperatura a 10, 20 e 30 cm de profundidade de 20,91°C, 30,35°C, 33,45°C e 35,08°C, respectivamente. O pH médio foi de 9,87 e a relação carbono:nitrogênio (C:N) de 15,41 (Tabela 1).

Em relação à microbiologia da cama, o conteúdo médio de *Staphylococcus* spp foi de 7,67 log₁₀, *Streptococcus* spp. 7,35 log₁₀, Enterobactérias de 6,08 e contagem total média de 8,45 log₁₀ (Tabela 1).

As condições meteorológicas durante o período experimental, dentro de cada barracão, foram observadas através da temperatura (T°) e umidade relativa do ar (UR). Observou-se

uma amplitude térmica de 6°C, com média de 19,71°C. Já a amplitude da UR foi maior, cerca de 19,76%, variando de 69,54 a 89,30%, com média de 80,04% de UR (Tabela 1).

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis ambientais, variáveis de cama e variáveis de qualidade e composição do leite.

Variável	Categoria	N	Mínimo	Média	Mediana	Máximo
CCS (cels/mL)		48	129.667	281.787	232.665	599.670
CPP (UFC/mL)		48	3.400	10.543	7.225	48.286
Gordura (%)	Leite	48	3,340	3,97	3,86	4,74
Proteína (%)		48	3,03	3,36	3,30	3,75
Sólidos (%)		48	12,12	12,91	12,79	14,04
Ureia (mg/dL)		48	8,63	13,57	12,59	20,10
Umidade (%)		58	29,91	56,42	59,45	71,92
TS (°C)		57	15	20,91	20,55	25,02
T10 (°C)		59	18,1	30,35	29,30	46,92
T20 (°C)		59	19,43	33,45	31,03	54,77
T30 (°C)	Cama	58	21,98	35,08	32,84	58,86
pH		53	9,25	9,87	10,01	10,58
C		53	18,24	29,31	30,37	35,52
N		53	1,05	1,95	1,90	3,95
C:N		53	6,92	15,41	15,71	19,40
Densidade Animal (m ² /vaca)		14	5,14	12,50	13,46	16,99
Stap. spp (log10)		58	4,60	7,67	6,27	9,38
Strep. spp (log10)		58	4,95	7,35	6,30	8,83
Enterobactérias (log10)	Microbiologia da cama	58	6,49	6,08	5,20	7,15
Contagem total (log10)		58	6,00	8,45	7,53	9,86
Temperatura (°C)	Ambiente	48	16,32	19,71	20,46	22,30
Umidade (%)		48	69,54	80,04	80,44	89,30
Vento (m/s)		29	1,1	3,25	2,6	6,5

Nota: CCS – contagem de células somáticas; CPP – contagem padrão em placas; TS – temperatura superficial; T10 – temperatura a 10 cm de profundidade; T20 - temperatura a 20 cm de profundidade; T30 - temperatura a 30 cm de profundidade; C – carbono; N – nitrogênio; C:N – relação carbono:nitrogênio; Stap. spp - *Staphylococcus* spp. Strep. spp - *Streptococcus* spp.; N – número de observações.

4.3.2 Correlação canônica

Os coeficientes da correlação canônica e a estatística das correlações canônicas entre os grupos de variáveis (variáveis ambientais, de cama e leite) são apresentados na Tabela 2. Verificamos que a relação entre os indicadores apresentou correlação canônica moderada ($0,32 \leq r_c \leq 0,55$) e de moderada a alta ($0,67 \leq r_c \leq 0,82$). Para as correlações canônicas ao quadrado (R_c^2), observou-se magnitudes desprezíveis ($0,11 \leq R_c^2 \leq 0,30$), fraca ($R_c^2 = 0,45$) e moderada ($R_c^2 = 0,68$).

Tabela 2 – Correlações canônicas entre variáveis ambientais, variáveis de cama e variáveis de qualidade e composição do leite.

Indicadores	(r_c)	(R_c^2)	Proporção	P-valor
Leite ^β x Cama ^ε	0,8236	0,6787	0,6271	0,0004
Leite ^β x Microbiologia ^ε	0,5131	0,2633	0,5459	0,2606
Leite ^β x Ambiente ^ε	0,5487	0,3011	0,7691	0,1055
Cama ^β x Microbiologia ^ε	0,5377	0,2887	0,5496	0,4779
Cama ^β x Ambiente ^ε	0,6697	0,4486	0,7750	0,0222
Microbiologia ^β x Ambiente ^ε	0,3249	0,1056	0,8159	0,6788

ε Variáveis independentes; β Variáveis dependentes.

(r_c) – coeficiente de correlação

(R_c^2) – correlação canônica

Nota:

- Leite: CCS, CPP, gordura, proteína, ureia.
- Cama: umidade, temperatura superficial, temperatura a 30cm de profundidade, pH, C, N, C:N.
- Microbiologia: *Staphylococcus* spp.; *Streptococcus* spp.; Enterobactérias; Contagem total.
- Ambiente: temperatura e umidade relativa do ar.

Apenas duas das seis correlações canônicas avaliadas entre os indicadores do estudo foram significativas, sendo representadas na Figura 4 juntamente com as cargas canônicas padronizadas para cada variável e para cada indicador.

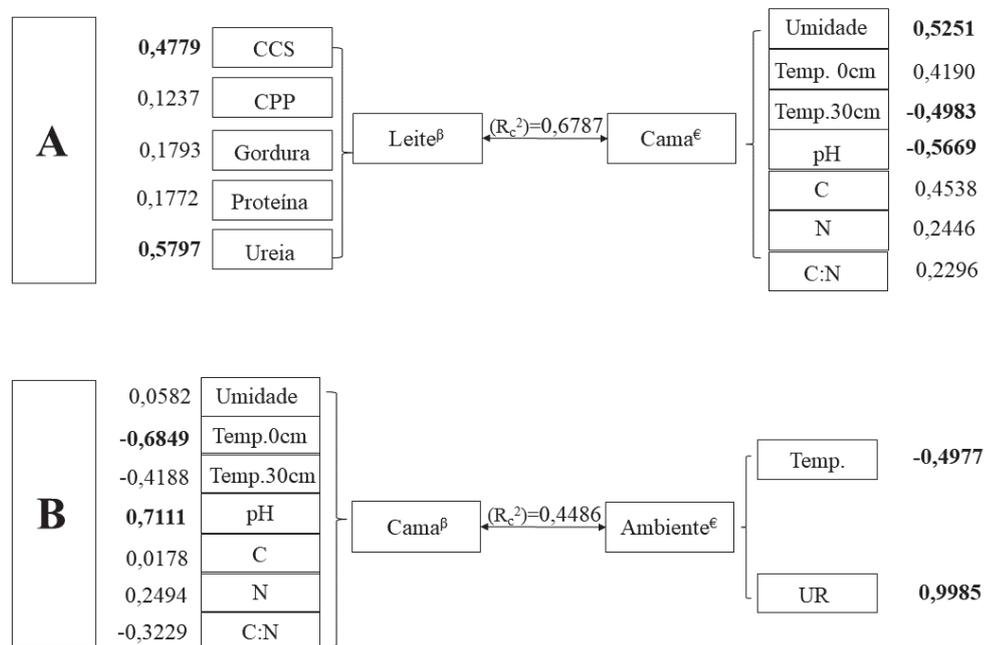


Figura 4 – Representação gráfica da primeira função canônica de cada par de variáveis canônicas que tiveram relação entre os indicadores do estudo.

4.3.2.1 Leite^β x Cama^ε

A correlação canônica entre as variáveis do leite (variáveis dependentes) e o grupo de variáveis da cama (variáveis independentes) foi significativa ($p=0,0004$) e apresentou uma $r_c = 0,82$ e $R_c^2 = 0,68$. A umidade, pH e a temperatura a 30 cm de profundidade da cama foram

as variáveis com maiores pesos canônicos, respectivamente, que influenciaram a CCS e a ureia do leite.

4.3.2.2 Cama^b x Ambiente^e

A correlação canônica entre o grupo de variáveis da cama e o grupo de variáveis ambientais foi significativa ($p=0,0222$) e apresentou $rc= 0,67$ e $Rc^2= 0,45$. Ou seja, 77,5% das variações que ocorrem nos parâmetros da cama pode ser explicada pela influência das variáveis ambientais. A UR apresentou alta carga canônica com a TS e o pH da cama, e a temperatura de magnitude moderada.

4.4 DISCUSSÃO

Neste estudo, objetivou-se verificar a qualidade e composição do leite produzido por fazendas leiteiras que utilizam o sistema CB. Além disso, buscou-se encontrar a relação existente entre fatores ambientais e da cama que poderiam influir nos parâmetros do leite. Conforme os dados analisados, podemos destacar que as fazendas possuem bons índices de qualidade e composição do leite, já que ambos estão em conformidade com a Instrução Normativa Nacional (teores mínimos de 3%, 2,9%, 11,4% para gordura, proteína e sólidos totais do leite, respectivamente; e CPP e CCS trimestral máxima de 300.000 UFC/mL e 500.000 céls/mL, respectivamente) (BRASIL, 2018). Os resultados de CCS e CPP do tanque confirmam a sanidade da glândula mamária e procedimentos de higiene pré-ordenha das fazendas. O maior valor de CCS verificado neste estudo remete-se a apenas uma propriedade, a qual apresentou altas CCS durante todos os meses de avaliação, provavelmente em função da má qualidade de cama (cama compactada em virtude de sua umidade alta – aproximadamente 68%) presente na instalação.

Dentre as bactérias gram-positivas analisadas, observou-se maior proporção de *Staphylococcus* em relação a *Streptococcus* e Enterobactérias. Mesmo não sendo constatadas relações significativas entre a microbiologia vs ambiente, cama vs microbiologia e leite vs microbiologia, é importante identificar os patógenos causadores da mastite que estão presentes na cama, pois, sabendo sua origem e forma de propagação, medidas corretivas podem ser implantadas, para tornar o tratamento da mastite assertivo, diminuindo, conseqüentemente, as perdas econômicas em função da menor produção de leite e o uso de medicamentos. Fato que justifica isso é que as perdas na produção de leite variam de acordo com o patógeno causador da mastite (GONÇALVES *et al.*, 2021). *Staphylococcus* é o patógeno mais isolado e associado a maiores casos de mastite contagiosa no Brasil (GARCIA *et al.*, 2021; FREU *et al.*, 2022). Mas a maior predominância de linhagens de *Streptococcus*

pode ocorrer em função da exposição do teto ao material de cama contaminado (fonte ambiental) (TOMAZI *et al.*, 2019), contaminando o leite e refletindo na alteração da sua composição e qualidade (FERREIRA & RIBEIRO, 2022).

A alta temperatura e UR verificadas neste estudo são comuns nos meses mais quentes da região Sul do Brasil, caracterizada pelo clima subtropical, e certamente são grandes influenciadoras na regulação térmica e conforto dos animais, especialmente do gado leiteiro confinado. A resposta animal é dependente do conforto térmico, ou seja, das interações entre o ambiente físico e o animal (DENIZ *et al.*, 2021). Um conjunto de fatores contribuem para o desencadeamento do estresse por calor, dentre eles: a radiação solar, vento, precipitação, temperatura e UR (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007; DIKMEN & HANSEN, 2009).

As variáveis mais utilizadas para avaliar o índice de conforto térmico dos animais são temperatura e UR, onde a UR deve estar na faixa de 40 a 80% (MANZOOOR *et al.*, 2019) e a temperatura inferior a 20°C para animais de raças europeias (DALTRO *et al.*, 2020). Todavia, autores indicam resfriar o ambiente em valores até 70% de UR, seja por aspersão ou aumentando a taxa de ventilação (NÄÄS & ARCARO JÚNIOR, 2001). Dessa forma, UR do ar acima de 80%, como verificado neste estudo (UR variou de 69,54 a 89,30%), aponta que em algum momento os animais confinados passaram por algum tipo de estresse térmico, necessitando utilizar mecanismos de termorregulação para controlar a temperatura corporal, o que além de dificultar a manutenção do bem-estar animal promove gastos de energia metabólica (PILATTI & VIEIRA, 2017).

A TS da cama apresenta correlação positiva com a temperatura do ar, assim como para a umidade (WARD *et al.*, 2002; ZANETONI, 2019). Ou seja, quanto maior a temperatura do ar maior foi a TS, e quanto maior a UR, menor a TS da cama. Os valores de temperatura da cama (TS e T30) variaram de 15 a 25°C e 22 a 59°C, respectivamente, representando a alta amplitude térmica e heterogeneidade entre as propriedades. A temperatura ambiente afeta o desempenho do sistema e atua como um preditor da temperatura e a umidade da cama no CB, pois influencia nestas variáveis (ECKELKAMP *et al.*, 2016; LLONCH *et al.*, 2020), visto que temperaturas ambientais mais elevadas favorecem que a umidade da cama seja reduzida (ECKELKAMP *et al.*, 2014), oferecendo às vacas uma superfície mais seca para deitar (BLACK *et al.*, 2013). Isso ocorre porque a umidade e o movimento do ar dissipam calor, deixando a TS da cama próxima da temperatura do ar (BEWLEY *et al.*, 2012). Observa-se ainda que a TS da cama é menor em locais com maior

fluxo de ar dos ventiladores (PEIXOTO *et al.*, 2019). A movimentação do ar, assim como a sua temperatura, auxilia na taxa de evaporação de água da cama, impactando na sua secagem (POÓS & VARJU, 2020). Com isso, para aumentar a taxa de secagem da cama é necessário promover uma ventilação adequada (taxa de ventilação e troca de ar) no sistema (LESO *et al.*, 2021). Dessa forma, maximizar o uso da ventilação natural e a adoção da ventilação artificial promove melhores condições microclimáticas dentro do sistema, através da remoção do calor e umidade gerados não somente pelos animais, mas também pela compostagem (JANNI *et al.*, 2007; BEWLEY *et al.*, 2012; VALENTE *et al.*, 2020; LESO *et al.*, 2021). A homogeneização da TS em toda a cama é importante para evitar alterações de comportamento dos animais (NORRING *et al.*, 2010). Situações de dominância entre as vacas podem ocorrer pela disputa de locais mais frescos para deitar-se. Sabe-se que as vacas passam mais tempo em pé quando a superfície da cama está muito quente ou muito úmida, sendo de sua preferência deitar-se em uma superfície seca (ENDRES & BARBERG, 2007; FREGONESI *et al.*, 2007; PEIXOTO *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2021). Além disso, a lotação animal aquém da capacidade do alojamento contribui para a compactação de camas com alta umidade (NOGARA *et al.*, 2021), influenciando no comportamento e limpeza dos animais. Contudo, o gado leiteiro apresenta sensibilidade à temperatura ambiente e à UR (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007), ou seja, ao sentir mudanças microclimáticas fora da sua zona termo neutra, a sua fisiologia, respostas produtivas e reprodutivas podem ser alteradas negativamente.

O pH pode ser utilizado como um indicador da decomposição da matéria orgânica, pois esta atividade libera ácidos orgânicos, fazendo com que o pH diminua (BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009). Uma boa atividade microbiana é encontrada em pH de 6,7 a 9,0 (BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009), o que sugere que, em média, as propriedades acompanhadas durante este estudo apresentavam o pH mais alcalino e compostagem em estado avançado. Outros autores salientam que um pH superior a 9 indica que a decomposição total do material foi atingida (ZHANG *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2021), pois o pH tende a aumentar durante o processo de compostagem (FÁVERO *et al.*, 2015). O maior depósito de fezes e urina em uma área com alta densidade animal, favorece a maior disponibilidade e mineralização de N, elevando o pH no local (OLIVEIRA *et al.*, 2021). E pH alto (>7) também indica perdas de N por volatilização de amônia (NH₃), podendo ser particularmente altas (BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009) durante a fase de compostagem ativa, deixando o pH constantemente alcalino (SAID, 2020). Além disso, esta variável é importante porque determina os tipos de bactérias que podem viver

naquele meio e prejudicar a sanidade da glândula mamária. Por exemplo, *Streptococcus uberis* e *E. coli* são patógenos ambientais causadores de mastite, e conseguem tolerar o pH na superfície e entrar em contato com o úbere e tetos das vacas, pois a cama do CB oferece tudo aquilo que precisam: umidade, temperatura e pH favoráveis ao seu crescimento (WARD *et al.*, 2002). O pH acima de 10 dificulta o crescimento microbiano, porém apresenta quantidade incontável de *Staphylococcus aureus* (PIOVESAN & OLIVEIRA, 2020), um agente com potencial causador de mastite em vacas leiteiras.

Diante das observações, constatou-se que houve uma relação direta entre o pH da cama e a UR, porém o mesmo não ocorreu com a temperatura, visto que o pH tendeu a reduzir quando a temperatura ambiente esteve maior. Provavelmente, a relação encontrada entre estas variáveis é um efeito indireto. Isto porque camas mais úmidas apresentam-se mais compactadas, a concentração maior de amônia é perceptível e o pH da cama é mais elevado. Outro fato que pode ter influenciado diretamente é a temperatura do composto. Zhang *et al.* (2019) encontraram uma correlação significativa ($r = -0,956$) entre a temperatura da cama e o pH da mesma, durante o verão. O pH apresenta uma distribuição uniforme ao longo do perfil da cama a partir da decomposição da matéria orgânica (OLIVEIRA *et al.*, 2021), e provavelmente a temperatura da cama se apresenta da mesma forma, visto que em nossos dados foi encontrada alta correlação entre as temperaturas verificadas em 10, 20 e 30 cm de profundidade. Porém, na literatura não foram encontradas evidências que a UR e a temperatura do ar influenciam diretamente no pH da cama.

A atuação da umidade e da temperatura da cama são inversas, ou seja, através de temperaturas altas na cama um processo de compostagem ativo é gerado, promovendo a secagem da mesma (LESO *et al.*, 2021). Além disso, o nível bacteriano pode ser reduzido, principalmente bactérias causadoras da mastite (BLACK *et al.*, 2013), quando mantidas temperaturas da cama entre 54 a 65°C (ECKELKAMP *et al.*, 2016). Porém, para manter a atividade microbiana é necessária adequada umidade na cama (40-60%) (FERRAZ *et al.*, 2020). A atuação da umidade da cama sobre a sanidade da glândula mamária de vacas leiteiras já é discutida na literatura (ZDANOWICZ *et al.*, 2004; FÁVERO *et al.*, 2015; FAVERO *et al.*, 2015b; ECKELKAMP *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Isso ocorre principalmente pela contaminação da superfície da cama, ou seja, pela sujeira a qual as vacas ficam expostas, pois o material da cama se adere ao pelo, úbere e tetos dos animais e contribui para a alta prevalência de CCS (FAVERO *et al.*, 2015b; ECKELKAMP *et al.*, 2016; LLONCH *et al.*, 2020). O aumento de uma unidade na umidade da cama aumenta em 5,7% as

chances de um novo caso de mastite clínica ambiental (FÁVERO *et al.*, 2015). Por isso, é indicado manter baixa umidade (<50%) na superfície da cama, o que garante melhores condições sanitárias aos animais (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

As características da cama podem afetar a ocorrência de mastite ambiental e a qualidade do leite, principalmente através do efeito de variáveis como densidade animal, umidade da cama, limpeza dos animais, entre outras (FÁVERO *et al.*, 2015). Com o comprometimento da limpeza dos animais observa-se um aumento na CCS do leite (BLACK *et al.*, 2013). Nogara *et al.* (2021) verificaram correlação moderada a fraca entre a umidade da cama e o escore de sujidade ($r = 0,39$), espaço por vaca ($r = -0,37$) e o pH ($r = 0,33$). Dentre estes fatores, a umidade é o principal preditor associado à incidência de mastite clínica (FÁVERO *et al.*, 2015). Este dado corrobora com os achados de Nogara *et al.* (2021), onde a umidade da cama e o pH foram as variáveis mais importantes para explicar a variação na composição e qualidade do leite. Bewley *et al.* (2012) salientam que mesmo que o processo de compostagem ocorra bem, um grande número de patógenos ambientais (mais de 9,1 milhões de céls/cc) causadores de mastite podem ser verificados na superfície da cama. Porém, o risco de ocorrência de mastite e aumento da CCS do leite, em CB, é reduzido (JANNI *et al.*, 2007; BLACK *et al.*, 2013), desde que o manejo seja realizado corretamente: revolvimento profundo, densidade animal adequada, ventilação, condições ambientais (temperatura e UR). Isso pode ser evidenciado através dos dados de CCS verificados neste estudo, consideravelmente melhores do que os apontados por outros estudos com CB realizados na região Sul do Brasil (KAPPES *et al.*, 2020; MUXFELDT, 2020; WEBER *et al.*, 2020; NOGARA *et al.*, 2021).

Dentre as variáveis de composição do leite avaliadas, somente a ureia apresentou influência das variáveis preditoras, indicando que os teores de gordura e proteína não foram influenciados pelas variáveis da cama. O NUL, oriundo da ureia produzida no fígado e excretada pelo leite (SANTOS & FONSECA, 2019), pode auxiliar no monitoramento da condição nutricional do rebanho, principalmente referente ao metabolismo e ingestão de proteína (NOUSIAINEN; SHINGFIELD; HUHTANEN, 2004; CABRAL *et al.*, 2016). Ou seja, altos níveis NUL no leite podem indicar excesso de PB na dieta (BRODERICK; CLAYTON, 1997; DOSKA *et al.*, 2012). No presente estudo, encontrou-se valores de NUL de 13,57 mg/dL, resultado este muito semelhante (14,45 mg/dL) ao verificado em outros rebanhos leiteiros localizados no estado do Paraná (DOSKA *et al.*, 2012). Vale salientar que o limite sugerido para este parâmetro é de 10 a 14 mg/dL (PEIXOTO *et al.*, 2006), com teores

ótimos em torno de 11,7 mg/dL (SANTOS & FONSECA, 2019). Este parâmetro apresenta correlação positiva de 44% com a produção de leite (MUXFELDT, 2020), ou seja, o volume de leite tem efeito sobre a ureia (MEYER *et al.*, 2006). Mas, além dos fatores relacionados à dieta, alterações na concentração de NUL podem ocorrer devido à alta CCS, em vacas recém paridas e vacas com composição anormal do leite (HUTJENS, 2018). Também, o estágio e número de lactações, a genética, o peso vivo da vaca e o horário de coleta podem ser fontes de variação (NOUSIAINEN; SHINGFIELD; HUHTANEN, 2004; MEYER *et al.*, 2006).

A associação negativa entre a ureia e o número de lactações deve-se ao fato que este componente tende a diminuir conforme as vacas progridem em lactações sucessivas (BRODERICK & CLAYTON, 1997). Vacas primíparas e secundíparas tiveram maiores concentrações de NUL do vacas a partir da terceira lactação (SABEK *et al.*, 2021). Porém, Doska *et al.* (2012), verificam que vacas de primeira lactação apresentam NUL mais elevado (16,16 mg/dL) do que vacas mais velhas (15,95 e 145,45 mg/dL). Quanto às técnicas de avaliação, a coleta de leite feita pela manhã pode induzir a resultados subestimados, pois a quantidade de ureia excretada no leite pela manhã é menor (1,8%) do que no período da tarde (3,3%) (BRODERICK & CLAYTON, 1997). Já em relação ao peso corporal das vacas, Meyer *et al.* (2006) salientam que esta variável pouco explica as variações de NUL. A questão racial pode ser um fator que tenha influenciado nos altos teores de NUL em nosso estudo, já que estes altos níveis de ureia foram oriundos de duas propriedades que utilizavam somente animais da raça Jersey. Comparando diferentes grupos raciais (Holandês, Jersey, Pardo Suíço e gado cruzado), observou-se que o NUL foi mais alto na raça Pardo Suíço (17,62 mg/dL), seguido pela raça Jersey (16,12 mg/dL), sendo a raça Holandesa com menor teor (14,18 mg/dL) (DOSKA *et al.*, 2012). Isso pode ser explicado pelo fato de a raça Holandesa produzir mais leite, utilizando mais eficientemente os aminoácidos, com menores perdas de N no rúmen e, conseqüentemente, menor conversão em ureia no fígado, expelindo menos este composto no leite do que comparado com as demais raças estudadas.

Adicionalmente, a cama destas duas fazendas apresentava alta umidade (58 a 67%), eram compactadas e foram observados os maiores valores de CCS, 320.000 a 599.000 céls/mL, respectivamente. Possivelmente a alta CCS dessas propriedades tenha influenciado nas concentrações de NUL, já que se encontrou relações entre as duas variáveis (MEYER *et al.*, 2006). Wolfschoon-Pombo (1981) (apud Meyer *et al.*, 2006) relatou que a mastite pode influenciar a concentração de ureia na amostra do quarto infectado da glândula mamária, como resultado da alteração na permeabilidade das membranas das células. Uma das fazendas

não apresentava sistema de ventilação artificial, o pé direito da instalação era de 5,06 m, densidade animal de 8,53 m²/vaca e o calor interno era intenso (30,47°C, UR de 58,55% e THI de 80,49), onde possivelmente estas questões ambientais do CB favoreceram o estresse dessas vacas. Na outra propriedade, a localização do galpão não favorecia a ventilação natural, pois fica localizada em uma “baixada” e com diversas árvores e instalações ao redor. Doska *et al.* (2012) relataram que fatores ambientais podem reduzir a eficiência de utilização do nitrogênio da dieta, fazendo com que vacas de alta produção apresentem altas concentrações de NUL no leite. Este achado pode ser uma justificativa diante dos altos níveis de NUL encontrados no presente trabalho (20,10 mg/dL), visto que pela análise bromatológica da dieta (dados não apresentados) não foram constatados excessos de proteína. Porém, dados semelhantes não foram encontrados na literatura e é aconselhável realizar novos estudos investigando estes parâmetros, principalmente como o estresse térmico e parâmetros da cama podem influenciar, indiretamente, nos teores de NUL.

Dessa forma, constatou-se que a UR do ar e a umidade da cama são variáveis preditoras mais importantes sob o desempenho da cama de CB e apresentam efeitos consideravelmente maiores do que as demais variáveis (pH, temperatura do ar, C:N etc.). Isso pode ser constatado a partir de duas correlações canônicas significativas. Cerca de 62,71% da variação na composição e qualidade do leite é explicada pelo par de variáveis da cama, e cerca de 77,50% da variação nos parâmetros da cama pode ser explicada pelas variações ambientais. Estes dados corroboram com os achados de Leso *et al.* (2021), onde estas duas variáveis, além da velocidade do vento, conseguiram explicar cerca de 70% da variância na taxa de secagem da cama.

4.5 CONCLUSÃO

A qualidade e composição do leite de fazendas leiteiras que utilizam o sistema CB sofreram influência de fatores relacionados à cama, principalmente a umidade, temperatura a 30 cm de profundidade e o pH da cama. Ainda, verificou-se que os fatores ambientais (T° e UR do ar) analisados foram responsáveis por alterar a umidade e o pH da cama. Mais estudos são necessários para relacionar a influência de parâmetros como a CCS e estresse térmico sobre o NUL.

4.6 REFERÊNCIAS

ALBINO, R. L. *et al.* Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. **Animal Production Science**, v. 58, n. 9, p. 1686, 2018. DOI: 10.1071/AN16308.

ANUÁRIO LEITE. Embrapa Gado de Leite. 2022 Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anoario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>>.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444–5453, 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.11.027.

BEWLEY, J. *et al.* **Compost Bedded Pack Barn Design: Features and Management Considerations**. University of Kentucky Cooperative Extension Service, n. 206, 2012. Disponível em: <<http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id206/id206.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

BLACK, R. A. *et al.* Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, 2013. DOI: 10.3168/jds.2013-6778.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1947–1956, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-513.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018. Diário Oficial da União, v. 230, n. 1, p. 9, 2018.

BREITENBACH, R. Economic Viability of Semi-Confined and Confined Milk Production Systems in Free-Stall and Compost Barn. **Food and Nutrition Sciences**, v. 09, n. 05, p. 609–618, 2018. DOI: 10.4236/fns.2018.95046.

BRODERICK, G. A.; CLAYTON, M. K. A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 11, p. 2964–2971, 1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3.

CABRAL, J. F. Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 4, p. 244–255, 2016. DOI: 10.14295/2238-6416.v71i4.536.

DALTRO, A. *et al.* Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Revista Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020. DOI: 10.36812/pag.2020261288-311

DAMASCENO, F. A. Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. 2012. 404 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/handle/123456789/726>>. Acesso em: 05 ago. 2021.

DENIZ, M. *et al.* Classification of environmental factors potentially motivating for dairy cows to access shade. **Journal of Dairy Research**, p. 4, 2021. DOI: 10.1017.S002202992000509.

- DIECKOW, J. *et al.* Comparison of carbon and nitrogen determination methods for samples of a paleudult subjected to no-till cropping systems. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 5, p. 532–540, 2007. DOI: 10.1590/S0103-90162007000500011.
- 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**, v. 92, n. 1, p. 109–116, 2009. DOI: 10.3168/jds.2008-1370.
- DOSKA, M. C. *et al.* Sources of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 692–697, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000300032.
- ECKELKAMP, E. A. *et al.* Characterization of lying behavior in dairy cows transitioning from a freestall barn with pasture access to a compost bedded pack barn without pasture access. **Professional Animal Scientist**, v. 30, p. 109–113, 2014. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30092-9.
- 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. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.05.017.
- EMANUELSON, U. *et al.* Animal Health in Compost-Bedded Pack and Cubicle Dairy Barns in Six European Countries. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 396, 2022. DOI: 10.3390/ani12030396.
- 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. DOI: 10.3168/jds.2006-751.
- FAO. Livestock Primary. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- FAVERO, S. *et al.* Longitudinal Trends and Associations between Compost Bedding Characteristics and Bedding Bacterial Concentrations. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 10, p. 58–70, 2015a. DOI: 10.5539/jas.v7n10p58.
- FAVERO, S. *et al.* Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**, v. 181, p. 220–230, 2015b. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.09.002.
- FERRAZ, P. F. P. *et al.* Properties of conventional and alternative bedding materials for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 8661–8674, 2020. DOI: 10.3168/jds.2020-18318.
- FERREIRA, B. H. A.; RIBEIRO, L. F. Mastites causadas por *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp. e *Streptococcus uberis* relacionadas ao sistema de produção Compost Barn e o impacto na qualidade do leite. **GETEC**, v. 11, n. 35, p. 1–18, 2022.
- FREGONESI, J. A. *et al.* Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5468–5472, 2007. DOI: 10.3168/jds.2007-0494.

FREU, G. *et al.* Antimicrobial Resistance and Molecular Characterization of *Staphylococcus aureus* Recovered from Cows with Clinical Mastitis in Dairy Herds from Southeastern Brazil. **Antibiotics**, v. 11, n. 4, p. 424, 2022. DOI: 10.3390/antibiotics11040424.

GONÇALVES, J. L. *et al.* Impacto da mastite subclínica bovina sobre a produção de leite e o retorno econômico. **Revista Brasileira de Buiatria - RBB**, v. 1, n. 5, p. 124–143, 2021. DOI: 10.4322/2763-955X.2021.005.

HUTJENS, M. **Guia de Alimentação de Vacas Leiteiras**. 4^o ed. ed. Santa Fé AgroInstituto, 2018.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. V. **Applied Multivariate Analysis**. 4th ed. Disponível em: [https://statistics.columbian.gwu.edu/sites/statistics.columbian.gwu.edu/files/downloads/Syllabus Stat 6215.11 Fall 2014 Hu.pdf](https://statistics.columbian.gwu.edu/sites/statistics.columbian.gwu.edu/files/downloads/Syllabus%20Stat%206215.11%20Fall%202014%20Hu.pdf).

KAPPES, R. *et al.* Cow's functional traits and physiological status and their relation with milk yield and milk quality in a compost bedded pack barn system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. 1–13, 2020. DOI: 10.37496/rbz4920190213.

LESO, L. *et al.* Factors affecting evaporation of water from cattle bedding materials. **Biosystems Engineering**, v. 205, p. 164–173, 2021. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2021.03.002.

LESO, L. *et al.* A survey on Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 2s, p. 203–207, 2013. DOI: 10.4081/jae.2013.s2.e40.

LLONCH, L. *et al.* Effect of forest biomass as bedding material on compost-bedded pack performance, microbial content, and behavior of nonlactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 11, p. 10676–10688, 2020. DOI: 10.3168/jds.2020-18496.

MANZOOR, A. *et al.* Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. **Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandy**, v. 4, n. 1, p. 01–05, 2019.

MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; DE VRIES, A. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 399–408, 2019. DOI: 10.1017/S1751731119001848.

MARQUES, R. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA FERTILIDADE DO SOLO. Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo: Aspectos Teóricos e Metodológicos**. Curitiba, 2004. p. 02-21. Disponível em: <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/livrosoloplanta.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

MELO, A. F. *et al.* Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: Revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 10, p. 721–730, 2016. DOI: 10.22256/pubvet.v10n10.721-730.

MEYER, P. M. *et al.* Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio uréico no leite de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3 suppl, p. 1114–1121, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000400024.

MOTA, V. C. *et al.* Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **Pubvet**, v. 11, n. 5, p. 433–442, 2017. DOI: 10.22256/pubvet.v11n5.433-442.

MUXFELDT, L. Qualidade do leite e da cama em sistema compost barn. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5345/2/Luana_Muxfeldt_2020.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2022.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 139–142, 2001. DOI: 10.1590/s1415-43662001000100026.

NOGARA, K. F. *et al.* Characterization and relationship between bulk tank milk composition and compost bedded variables from dairy barns in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 45, n. 5, p. 890–900, 2021. DOI: 10.3906/vet-2101-85.

NORRING, M. *et al.* Preferences of dairy cows for three stall surface materials with small amounts of bedding. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 70–74, 2010. DOI: 10.3168/jds.2009-2164.

NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K. J.; HUHTANEN, P. Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Diagnostic of Protein Feeding. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 2, p. 386–398, 2004. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73178-1.

OFNER-SCHRÖCK, E. *et al.* Compost Barns for Dairy Cows - Aspects of Animal Welfare. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 5, p. 124–131, 2015. DOI: 10.4236/ojas.2015.52015.

OLIVEIRA, C. E. A. *et al.* Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, p. 1–14, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120200384.

OLIVEIRA, V. C. *et al.* Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais : architectural and technological characterization. **Agronomy Research**, v. 17, n. 5, p. 2016–2028, 2019. DOI: 10.15159/AR.19.179.

PEIXOTO, L. A. O. *et al.* Perfil metabólico protéico e taxas de concepção de vacas de corte mantidas em pastagem natural ou suplementadas com farelo de trigo com ou sem uréia. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1873–1877, 2006. DOI: 10.1590/S0103-84782006000600032.

PEIXOTO, M. S. M. *et al.* Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, p. 1–10, 2019. DOI: 10.1080/09291016.2019.1616904.

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**, v. 13, n. 2, p. 399–406, 2019. DOI: 10.1017/S1751731118001088.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C. Environment, behavior and welfare aspects of dairy cows reared in compost bedded pack barns system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 97–105, 2017. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v5n3p97-105.

PIOVESAN, S. M.; OLIVEIRA, D. S. Fatores que influenciam a sanidade e conforto térmico de bovinos em sistemas compost barn. **Revista Vivências**, v. 16, n. 30, p. 247–258, 2020. DOI: 10.31512/vivencias.v16i30.154.

POÓS, T.; VARJU, E. Mass transfer coefficient for water evaporation by theoretical and empirical correlations. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 153, p. 119500, 2020. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119500.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. **Embrapa Gado de Leite**. Circular Técnica, 123, p. 15, 2020.

SAID, M. I. Livestock waste and its role in the composting process: A review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 492, n. 1, p. 012087, 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/492/1/012087.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Controle de mastite e qualidade do leite - Desafios e soluções**. 1º ed. Pirassununga/SP.

SILVA, L. H. A.; CAMARA, M. R. G.; TELLES, T. S. Evolução e distribuição espacial da produção de leite no estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 38, n. 1, p. 37–47, 2016. DOI: 10.4025/actascihumansoc.v38i1.30006.

TOMAZI, T. *et al.* Genotyping and antimicrobial resistance of *Streptococcus uberis* isolated from bovine clinical mastitis. **PLOS ONE**, v. 14, n. 10, p. e0223719, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0223719.

VALENTE, D. A. *et al.* Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v. 18, n. 2, p. 1547–1555, 2020. DOI: 10.15159/AR.20.103.

VIEIRA, F. M. C. *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. **Animals**, v. 11, n. 1197, p. 1–19, 2021. DOI: 10.3390/ani11051197.

WARD, W. R. *et al.* Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds. **Veterinary Record**, v. 151, n. 7, p. 199–206, 2002. DOI: 10.1136/vr.151.7.199.

WEBER, C. T. *et al.* Season effects on the composition of milk produced by a Holstein herd managed under semi-confinement followed by compost bedded dairy barn management. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 5, p. 1667–1678, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n5p1667.

ZANETONI, H. H. R. **Características do ar e da cama de instalações para bovinos de leite em sistema compost barn**. 2019. 49 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019. Disponível em:

<<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/28350/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

ZDANOWICZ, M. *et al.* Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 6, p. 1694–1701, 2004. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73322-6.

ZHANG, Q. *et al.* Characteristics and optimization of dairy manure composting for reuse as a dairy mattress in areas with large temperature differences. **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p. 1053–1061, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.397.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema CB possibilita que bons índices produtivos na pecuária leiteira sejam atingidos. Porém, em virtude da diversidade climática em nosso país, a cama pode ser afetada pelo microclima do local. Dessa forma, antes da implementação do CB é importante escolher um terreno com inclinação adequada, orientação Leste-Oeste, sistema de ventilação operante, (aproveitando a ventilação natural do meio) para o melhor desempenho do sistema.

A cama do CB requer de dois a três revolvimentos diários, os quais auxiliam na incorporação dos dejetos da superfície da cama para as camadas mais profundas. Estes dejetos serão degradados pelas bactérias presentes na cama, produzindo calor e, conseqüentemente, auxiliando na manutenção da cama seca e macia aos animais. O processo de compostagem tido como ótimo na cama gera uma temperatura entre 46 e 60°C, e umidade entre 40-60%. Por meio de uma superfície seca, os animais encontram um local confortável para descansar, além de proporcionar menor risco à glândula mamária.

A CCS do leite tende a aumentar conforme aumenta as lactações, em função da maior exposição aos agentes causadores da mastite, porém o comprometimento na qualidade e composição do leite só são verificados a partir de cinco lactações. Com isso, uma boa sanidade da glândula mamária dos animais alojados em CB pode ser verificada neste estudo, pois a maior média obtida foi de 159.465 céls/mL, a qual caracteriza uma vaca sadia. Estes dados reforçam que estas fazendas analisadas conseguem obter um leite de qualidade, somando a sua remuneração potenciais bonificações por qualidade.

Os parâmetros da cama, como umidade, temperatura interna e o pH influenciam na qualidade e composição do leite, principalmente sobre a CCS e a ureia do leite. Ainda, verificou-se que os fatores ambientais analisados (T° e UR do ar) foram responsáveis por alterar a umidade e o pH da cama. Contudo, pode-se verificar que a qualidade da cama e seu manejo influenciaram na qualidade e composição do leite, além de favorecer a predisposição de mastite ambiental dentro do rebanho. Porém, os padrões lácteos encontram-se de acordo com a legislação vigente, respeitando os padrões de qualidade.

As maiores limitações da pesquisa encontraram-se na heterogeneidade das fazendas estudadas. Mesmo que objetivo fosse estudar a influência do CB sobre a qualidade e composição do leite, foi difícil controlar outros parâmetros como a dieta e grupo racial dos animais, localização e clima do ambiente, características comuns aos sistemas (sistema de ventilação, tamanho do pé direito e das muretas, manejo, microclima, intervalo entre as reposições e troca da cama etc.).

Novas pesquisas são necessárias visando aprofundar os temas discutidos a partir desta pesquisa, tentando minimizar o efeito de parâmetros secundários. Novas avaliações também são recomendadas, como a análise de matéria orgânica da cama. Este parâmetro pode auxiliar a explicar os efeitos sobre o pH da mesma.

6 REFERÊNCIAS

- ALBINO, R. L. *et al.* Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. **Animal Production Science**, v. 58, n. 9, p. 1686, 2018. DOI: 10.1071/AN16308.
- ALMEIDA, R. *et al.* Associations of days open with milk urea nitrogen and other herd traits in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. 1–9, 2021. DOI: 10.37496/RBZ5020200081.
- AULDIST, M. J. *et al.* Effects of varying lactation length on milk production capacity of cows in pasture-based dairying systems. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3234–3241, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-683.
- 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. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71643-0.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444–5453, 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.11.027.
- BEWLEY, J. *et al.* Compost Bedded Pack Barn Design: Features and Management Considerations. **University of Kentucky Cooperative Extension Service**, n. 206, 2012. Disponível em: <<http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id206/id206.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- BLACK, R. A. *et al.* Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, 2013. DOI: 10.3168/jds.2013-6778.
- BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1947–1956, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-513.
- BORCHERS, M. R. **The effects of housing on dairy cow comfort, immune function, stress, productivity, and milk quality**. 2018. 135f. Theses and Dissertations - Animal and Food Sciences). Agriculture, Food and Environment in University of Kentucky. 2018. Disponível em:<https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/93>. Acesso em: 14 jan. 2022.
- BOTTON, F. S. *et al.* Relationship of total bacterial and somatic cell counts with milk production and composition – Multivariate analysis. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 41, n. 1, p. 1–9, 2019. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.42568.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018. Diário Oficial da União, v. 230, n. 1, p. 9, 2018.

- BREITENBACH, R. Economic Viability of Semi-Confined and Confined Milk Production Systems in Free-Stall and Compost Barn. **Food and Nutrition Sciences**, v. 09, n. 05, p. 609–618, 2018. DOI: 10.4236/fns.2018.95046.
- BRODERICK, G. A.; CLAYTON, M. K. A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 11, p. 2964–2971, 1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3.
- CABRAL, J. F. *et al.* Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 4, p. 244–255, 2016. DOI: 10.14295/2238-6416.v71i4.536.
- CALGARO, J. L. B. *et al.* Production and composition of milk per Holstein and Jersey cow from two farms in northwest Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim**, v. 21, p. 1–16, 2020. DOI: 10.1590/S1519-99402121212020.
- CORREIO, F. O. A. *et al.* Características qualitativas do leite produzido em níveis de especialização distintos e em diferentes estações do ano. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 2, p. 136–144, 2017.
- DALTRO, A. *et al.* Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Revista Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020. DOI: 10.36812/pag.2020261288-311
- DAMASCENO, F. A. Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. 2012. 404 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/handle/123456789/726>>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- DEITOS, A. C.; MAGGIONI, D.; ROMERO, E. A. Produção e qualidade de leite de vacas de diferentes grupos genéticos. **Campo Digital**, v. 5, n. 1, p. 26–33, 2010.
- DENIZ, M. *et al.* Classification of environmental factors potentially motivating for dairy cows to access shade. **Journal of Dairy Research**, p. 4, 2021. DOI: 10.1017.S002202992000509.
- DIAS, M. B. C. *et al.* Milk composition and blood metabolic profile from holstein cows at different calving orders and lactation stages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 315, 2017. DOI: 10.4025/actascianimsci.v39i3.34807.
- DIECKOW, J. *et al.* Comparison of carbon and nitrogen determination methods for samples of a paleodult subjected to no-till cropping systems. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 5, p. 532–540, 2007. DOI: 10.1590/S0103-90162007000500011.
- 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**, v. 92, n. 1, p. 109–116, 2009. DOI: 10.3168/jds.2008-1370.

DOSKA, M. C. *et al.* Sources of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 692–697, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000300032.

DU PREEZ, J. H. *et al.* Heat stress in dairy cattle under southern african conditions. Ii. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **The Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 57, n. 3, p. 183-187, 1990.

ECKELKAMP, E. A. *et al.* Characterization of lying behavior in dairy cows transitioning from a freestall barn with pasture access to a compost bedded pack barn without pasture access. **Professional Animal Scientist**, v. 30, p. 109–113, 2014. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30092-9.

ECKELKAMP, E. A. *et al.* Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v. 190, p. 48–57, 2016. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.06.004.

ECKSTEIN, I. I. *et al.* Qualidade do leite e sua correlação com técnicas de manejo de ordenha. **Scientia Agraria Paranaensis - SAP**, v. 13, n. 2, p. 143–151, 2014. DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v13n2p143-151.

EICHER, R.; BOUCHARD, E.; BIGRAS-POULIN., M. Factors affecting milk urea nitrogen and protein concentrations in Quebec dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 39, n. 1, p. 53–63, 1999. DOI: 10.1016/S0167-5877(98)00139-1.

EMANUELSON, U. *et al.* Animal Health in Compost-Bedded Pack and Cubicle Dairy Barns in Six European Countries. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 396, 2022. DOI: 10.3390/ani12030396.

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. DOI: 10.3168/jds.2006-751.

FAGAN, E. P. *et al.* Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 309–316, 2010. DOI: 10.4025/actascianimsci.v32i3.8570

FAO. Livestock Primary. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

FAVERO, S. *et al.* Longitudinal Trends and Associations between Compost Bedding Characteristics and Bedding Bacterial Concentrations. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 10, p. 58–70, 2015a. DOI: 10.5539/jas.v7n10p58.

FAVERO, S. *et al.* Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**, v. 181, p. 220–230, 2015b. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.09.002.

FERRAZ, P. F. P. *et al.* Properties of conventional and alternative bedding materials for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 8661–8674, 2020. DOI: 10.3168/jds.2020-18318.

FERREIRA, B. H. A.; RIBEIRO, L. F. Mastites causadas por *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp. e *Streptococcus uberis* relacionadas ao sistema de produção Compost Barn e o impacto na qualidade do leite. **GETEC**, v. 11, n. 35, p. 1–18, 2022.

FREGONESI, J. A. *et al.* Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5468–5472, 2007. DOI: 10.3168/jds.2007-0494.

FREU, G. *et al.* Antimicrobial Resistance and Molecular Characterization of *Staphylococcus aureus* Recovered from Cows with Clinical Mastitis in Dairy Herds from Southeastern Brazil. **Antibiotics**, v. 11, n. 4, p. 424, 2022. DOI: 10.3390/antibiotics11040424.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. *et al.* Efeito da produção diária e da ordem de parto na composição físico-química do leite de vacas de raças zebuínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 25–30, 2010. DOI: 10.21708/avb.2010.4.1.1452.

GONÇALVES, J. L. *et al.* Impacto da mastite subclínica bovina sobre a produção de leite e o retorno econômico. **Revista Brasileira de Buiatria - RBB**, v. 1, n. 5, p. 124–143, 2021. DOI: 10.4322/2763-955X.2021.005.

GONZALEZ, H. L. *et al.* Avaliação da Qualidade do Leite na Bacia Leiteira de Pelotas, RS: Efeito dos meses do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1531–1543, 2004. DOI: 10.1590/S1516-35982004000600020.

HARMON, R. J. Symposium: mastitis and genetic evaluation for somatic cell count. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2103–2112, 1994. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8.

HEINS, B. J. *et al.* Effects of winter housing systems on production, economics, body weight, body condition score, and bedding cultures for organic dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1–9, p. 706–714, 2019. DOI: 10.3168/jds.2018-14582.

HENRICHES, S. C.; MACEDO, R. E. F.; KARAM, L. B. Influência de indicadores de qualidade sobre a composição química do leite e influência das estações do ano sobre esses parâmetros. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, 2014. DOI: 10.7213/academica.12.03.ao05.

HUTJENS, M. **Guia de Alimentação de Vacas Leiteiras**. 4^o ed. ed. Santa Fé AgroInstituto, 2018.

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

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. V. **Applied Multivariate Analysis**. 4th ed. Disponível em: [https://statistics.columbian.gwu.edu/sites/statistics.columbian.gwu.edu/files/downloads/Syllabus Stat 6215.11 Fall 2014 Hu.pdf](https://statistics.columbian.gwu.edu/sites/statistics.columbian.gwu.edu/files/downloads/Syllabus%20Stat%206215.11%20Fall%202014%20Hu.pdf).

KAPPES, R. *et al.* Cow's functional traits and physiological status and their relation with milk yield and milk quality in a compost bedded pack barn system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. 1–13, 2020. DOI: 10.37496/rbz4920190213.

KASKOUS, S. The effect of using quarter individual milking system “MultiLactor” on improvement of milk performance and milk quality of different dairy cows breeds in different farms. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 57, 2018. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i1.1591.

KOLVER, E. S. *et al.* Extending lactation in pasture-based dairy cows: I. genotype and diet effect on milk and reproduction. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5518–5530, 2007. DOI: 10.3168/jds.2007-0324.

LESO, L. *et al.* A survey on Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 2s, p. 203–207, 2013. DOI: 10.4081/jae.2013.s2.e40.

LESO, L.; PELLEGRINI, P.; BARBARI, M. Effect of two housing systems on performance and longevity of dairy cows in Northern Italy. **Agronomy Research**, v. 17, n. 2, p. 574–581, 2019. DOI: 10.15159/AR.19.107.

LESO, L. *et al.* Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-16864.

LESO, L. *et al.* Factors affecting evaporation of water from cattle bedding materials. **Biosystems Engineering**, v. 205, p. 164–173, 2021. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2021.03.002.

LLONCH, L. *et al.* Effect of forest biomass as bedding material on compost-bedded pack performance, microbial content, and behavior of nonlactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 11, p. 10676–10688, 2020. DOI: 10.3168/jds.2020-18496.

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. DOI: 10.3168/jds.2011-4363.

LUDOVICO, A.; TRENTIN, M.; RÊGO, F. C. A. Fontes de variação da produção e composição de leite em vacas Holandesa, Jersey e Girolando. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 236–243, 2019. DOI: 10.21071/az.v68i262.4142.

MAGALHÃES, H. R. *et al.* Influência de fatores de ambiente sobre a contagem de células somáticas e sua relação com perdas na produção de leite de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 415–421, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000200011.

MALHEIROS, C. S.; KONRAD, P. A. Implantação e Manejo do Sistema de Compost Barn para Vacas Leiteiras. **Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 66–73, 2019.

MANZOOR, A. *et al.* Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, v. 4, n. 1, p. 01–05, 2019.

MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; DE VRIES, A. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 399–408, 2019. DOI: 10.1017/S1751731119001848.

MARQUES, L. T. *et al.* Suplementação de vacas holandesas em estágio avançado de lactação. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1392–1398, 2010. DOI: 10.1590/s0103-84782010000600024.

MARQUES, R. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA FERTILIDADE DO SOLO. **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo: Aspectos Teóricos e Metodológicos**. Curitiba, 2004. p. 02-21. Disponível em: <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/livrosoloplanta.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

MELO, A. F. *ET AL.* Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 10, p. 721–730, 2016. DOI: 10.22256/pubvet.v10n10.721-730.

MENEGAZZI, G. *et al.* Effect of Post-grazing Sward Height on Ingestive Behavior, Dry Matter Intake, and Milk Production of Holstein Dairy Cows. **Frontiers in Animal Science**, v. 2, n. November, p. 1–12, 2021. DOI: 10.3389/fanim.2021.742685.

MEYER, P. M. *et al.* Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio uréico no leite de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3 suppl, p. 1114–1121, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000400024.

MIGLIOR, F. *et al.* Genetic Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Relationships with Other Production Traits in Canadian Holstein Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2468–2479, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-487.

MONTEIRO JUNIOR, C. S. *et al.* Incentivos e tipologia de sistemas produtivos leiteiros que participam de programas para a melhoria da qualidade do leite. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 857–864, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021V14N4E7774.

MOTA, V. C. *et al.* Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **Pubvet**, v. 11, n. 5, p. 433–442, 2017. DOI: 10.22256/pubvet.v11n5.433-442.

MUXFELDT, L. Qualidade do leite e da cama em sistema compost barn. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5345/2/Luana_Muxfeldt_2020.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2022

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 139–142, 2001. DOI: 10.1590/s1415-43662001000100026.

NOGARA, K. F. *et al.* Characterization and relationship between bulk tank milk composition and compost bedded variables from dairy barns in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 45, n. 5, p. 890–900, 2021. DOI: 10.3906/vet-2101-85.

NORRING, M.; *et al.* Preferences of dairy cows for three stall surface materials with small amounts of bedding. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 70–74, 2010. DOI: 10.3168/jds.2009-2164.

NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K. J.; HUHTANEN, P. Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Diagnostic of Protein Feeding. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 2, p. 386–398, 2004. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73178-1.

OFNER-SCHRÖCK, E. *et al.* Compost Barns for Dairy Cows - Aspects of Animal Welfare. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 5, p. 124–131, 2015. DOI: 10.4236/ojas.2015.52015.

OLIVEIRA, V. C. *et al.* Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais: architectural and technological characterization. **Agronomy Research**, v. 17, n. 5, p. 2016–2028, 2019. DOI: 10.15159/AR.19.179.

OLIVEIRA, C. E. A. *et al.* Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, p. 1–14, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120200384.

PASTAL, D. *et al.* Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto – revisão de literatura. **Veterinária em Foco**, v. 12, n. 2, p. 92–100, 2015.

PEIXOTO, L. A. O. *et al.* Perfil metabólico protéico e taxas de concepção de vacas de corte mantidas em pastagem natural ou suplementadas com farelo de trigo com ou sem uréia. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1873–1877, 2006. DOI: 10.1590/S0103-84782006000600032.

PEIXOTO, M. S. M. *et al.* Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, v. 00, p. 1–10, 2019. DOI: 10.1080/09291016.2019.1616904.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C. Environment, behavior and welfare aspects of dairy cows reared in compost bedded pack barns system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 97–105, 2017. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v5n3p97-105.

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**, v. 13, n. 2, p. 399–406, 2019. DOI: 10.1017/S1751731118001088.

PIOVESAN, S. M.; OLIVEIRA, D. S. Fatores que influenciam a sanidade e conforto térmico de bovinos em sistemas compost barn. **Revista Vivências**, v. 16, n. 30, p. 247–258, 2020. DOI: 10.31512/vivencias.v16i30.154.

POÓS, T.; VARJU, E. Mass transfer coefficient for water evaporation by theoretical and empirical correlations. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 153, p. 119500, 2020. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119500.

REIS, K. T. M. G. *et al.* Qualidade Microbiológica do Leite Cru e Pasteurizado Produzido no Brasil: Revisão. **Ciência e Biologia da Saúde**, v. 15, p. 411–421, 2013. DOI: 10.17921/2447-8938.2013v0n0p%25p.

- RIBEIRO, A. B. *et al.* Produção e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 46–51, 2009.
- ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. **Embrapa Gado de Leite**. Circular Técnica, 123, p. 15, 2020.
- RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 14–22, 2010.
- SABEK, A. *et al.* Effects of parity and days in milk on milk composition in correlation with β -hydroxybutyrate in tropic dairy cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 270, 2021. DOI: 10.1007/s11250-021-02690-7/Published.
- SAID, M. I. Livestock waste and its role in the composting process: A review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 492, n. 1, p. 012087, 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/492/1/012087.
- SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Controle de mastite e qualidade do leite - Desafios e soluções**. 1^o ed. Pirassununga/SP.
- SCHUNIG, R. **Risk factors associated with the increase of somatic cells count in milk at cow-level**. 2021. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2021. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/73796?show=full>>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- SICHESKI, S. J. *et al.* Longitudinal retrospective study on the effect of season on milk production and composition in Rio Grande do Sul, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1355–1372, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n4p1355.
- SILVA, L. H. A.; CAMARA, M. R. G.; TELLES, T. S. Evolução e distribuição espacial da produção de leite no estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 38, n. 1, p. 37–47, 2016. DOI: 10.4025/actascihumansoc.v38i1.30006.
- SILVA, C. F. S. E. Influência do sistema de Compost Barn sobre a produtividade, qualidade do leite e índices reprodutivos. 60 f. Monografia de graduação (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal de São João Del Rei I - Campus Tancredo de Almeida Neves, 2018.
- SILVA, J. S.; ANTUNES, R. C. Efeito do tipo de ordenha e do ambiente sobre a qualidade do leite cru com base na contagem de células somáticas. **Ciência Animal Brasileira** v. 19, p. 1–16, 2018. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-34635.
- SILVA, J. E. *et al.* Effect of somatic cell count on milk yield and milk components in Holstein cows in a semi-arid climate in Brazil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** v. 19, n. 4, p. 391–402, 2018. DOI: 10.1590/s1519-99402018000400004.
- SITKOWSKA, B. Effect of the cow age group and lactation stage on the count of somatic cells in cow milk. **Journal of Central European Agriculture**, v. 9, n. 1, p. 57–62, 2008.

SOUZA, G. N. *et al.* Variação da contagem de células somáticas em vacas leiteiras de acordo com patógenos da mastite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1015–1020, 2009. DOI: 10.1590/S0102-09352009000500001.

TELEVIČIUS, M. *et al.* Influence of calving ease on in-line milk urea and relationship with other milk characteristics in dairy cows. **Agriculture (Switzerland)**, v. 11, n. 11, p. 1–13, 2021. DOI: 10.3390/agriculture11111159.

TOMAZI, T. *et al.* Genotyping and antimicrobial resistance of *Streptococcus uberis* isolated from bovine clinical mastitis. **PLOS ONE**, v. 14, n. 10, p. e0223719, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0223719.

VALENTE, D. A. *et al.* Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v. 18, n. 2, p. 1547–1555, 2020. DOI: 10.15159/AR.20.103.

VIEIRA, F. M. C. *et al.* Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. **Animals**, v. 11, n. 1197, p. 1–19, 2021. DOI: 10.3390/ani11051197.

THOM, E. C. **The discomfort index**. *Weatherwise*. v. 12, p. 57–59, 1959. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960?journalCode=wws20>>. Acesso em 16 de agosto de 2021.

VLIZLO, V. V. *et al.* Functional state of the liver in cows with fatty liver disease. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 11, n. 3, p. 167–173, 2021. DOI: 10.15421/2021_159.

VOGES, J. G.; NETO, A. T.; KAZAMA, D. C. S. Qualidade do leite e a sua relação com o sistema de produção e a estrutura para ordenha. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v. 22, n. 3–4, p. 171–175, 2015. DOI: 10.4322/rbcv.2016.009.

WANG, D. *et al.* Integrative network analysis revealed molecular mechanisms of urine urea output in lactating dairy cows: Potential solutions to reduce environmental nitrate contamination. **Genomics**, v. 113, n. 3, p. 1522–1533, 2021. DOI: 10.1016/j.ygeno.2021.03.024.

WARD, W. R. *et al.* Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds. **Veterinary Record**, v. 151, n. 7, p. 199–206, 2002. DOI: 10.1136/vr.151.7.199.

WEBER, C. T. *et al.* Season effects on the composition of milk produced by a Holstein herd managed under semi-confinement followed by compost bedded dairy barn management. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 5, p. 1667–1678, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n5p1667.

ZAFALON, L. F. *et al.* Alterações da composição e da produção de leite oriundo de quartos mamários de vacas com e sem mastite subclínica de acordo com o estágio e o número de lactações. **Arquivo Instituto Biológico**, v. 72, n. 4, p. 419–426, 2005.

ZAFALON, L. F. *et al.* Influência da mastite subclínica Bovina sobre as frações protéicas do leite. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 2, p. 135–140, 2008. DOI: 10.1590/1808-1657v75p1352008.

ZANETONI, H. H. R. **Características do ar e da cama de instalações para bovinos de leite em sistema compost barn**. 2019. 49 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/28350/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

ZDANOWICZ, M. *et al.* Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 6, p. 1694–1701, 2004. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73322-6.

ZHANG, Q. *et al.* Characteristics and optimization of dairy manure composting for reuse as a dairy mattress in areas with large temperature differences. **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p. 1053–1061, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.397.

ANEXO

Anexo 1 – Classificação do conforto térmico de vacas leiteiras a partir do THI (*temperature-humidity index*) das fazendas leiteiras acompanhadas.

Fazenda	Período	THI médio ¹	Classificação ²
1	29/09/2021 a 28/10/2021	63,51	1
1	28/10/2021 a 24/11/2021	66,28	1
1	24/11/2021 a 15/12/2021	67,90	1
1	15/12/2021 a 26/01/2022	69,09	2
2	29/09/2021 a 28/10/2021	62,95	1
2	28/10/2021 a 24/11/2021	65,39	1
2	24/11/2021 a 15/12/2021	67,26	1
2	15/12/2021 a 25/01/2022	68,42	2
2	25/01/2022 a 03/03/2022	68,99	2
3	29/09/2021 a 27/10/2021	63,22	1
3	27/10/2021 a 24/11/2021	65,86	1
3	24/11/2021 a 14/12/2021	67,30	1
3	14/12/2021 a 25/01/2022	68,48	2
3	25/01/2022 a 04/03/2022	69,08	2
5	29/09/2021 a 27/10/2021	62,77	1
5	27/10/2021 a 24/11/2021	65,31	1
5	24/11/2021 a 14/12/2021	67,27	1
5	14/12/2021 a 25/01/2022	68,51	2
5	25/01/2022 a 04/03/2022	69,17	2
6	29/09/2021 a 28/11/2021	61,74	1
6	28/11/2021 a 23/11/2021	63,95	1
6	23/11/2021 a 14/12/2021	66,24	1
6	14/12/2021 a 25/01/2022	68,03	2
6	25/01/2022 a 03/03/2022	68,76	2
7	30/09/2021 a 27/10/2021	62,62	1
7	27/10/2021 a 23/11/2021	64,93	1
7	23/11/2021 a 15/12/2021	67,17	1
7	15/12/2021 a 27/12/2021	68,08	2
7	27/12/2021 a 18/02/2022	68,68	2
9	30/09/2021 a 28/10/2021	62,73	1
9	28/10/2021 a 23/11/2021	65,23	1
9	23/11/2021 a 14/12/2021	67,07	1
9	14/12/2021 a 25/01/2022	68,70	2
9	25/01/2022 a 03/03/2022	69,54	2
10	01/10/2021 a 27/10/2021	62,40	1
10	27/10/2021 a 23/11/2021	68,13	2
10	23/11/2021 a 14/12/2021	66,75	1
10	14/12/2021 a 25/01/2022	64,91	1
10	25/01/2022 a 04/03/2022	68,66	2

¹ Fórmula utilizada no excel = THI = DBT + 0,36 * DPT + 41,2 DPT = (T -(100-RH) / 5) (Thom, 1959).

² THI < 68 = sem estresse (1); 68-71 = estresse leve (2); 72-75 = estresse moderado (3); 76-79 = alto (4) e ≥ 80 = severo (5) (Du Preez *et al.*, 1990).