

**LEONARDO FRANÇA DA SILVA**

**POTENCIALIDADES E AVALIAÇÃO ERGONÔMICA EM SISTEMAS  
INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco

Coorientadora: Cinara da Cunha Carvalho Siqueira

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2024**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

S586p  
2024

Silva, Leonardo França da, 1993-  
Potencialidades e avaliação ergonômica em sistemas intensivos de produção de leite / Leonardo França da Silva. - Viçosa, MG, 2024.  
1 tese eletrônica (156 f.)

Inclui anexos.

Inclui apêndice.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.341>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Leite - Produção. 2. Trabalhadores da indústria de alimentos - Saúde e higiene. 3. Ambiente de trabalho. 4. Segurança do trabalho. I. Tinôco, Ilda de Fátima Ferreira, 1957-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. III. Título.

CDD 22. ed. 637.1


**LEONARDO FRANÇA DA SILVA**

**POTENCIALIDADES E AVALIAÇÃO ERGONÔMICA EM SISTEMAS  
INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 20 de fevereiro de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 **LEONARDO FRANÇA DA SILVA**  
Data: 01/08/2024 09:28:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Leonardo França da Silva**  
Autor

Documento assinado digitalmente  
 **ILDA DE FATIMA FERREIRA TINOCO**  
Data: 05/08/2024 08:16:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Ilda de Fátima Ferreira Tinoco**  
Orientadora

*A Deus, que me sustentou, por iluminar minha caminhada, especialmente nos momentos difíceis. Sua luz proporcionou discernimento, força e coragem.*

***OFEREÇO! O Senhor é a minha luz e salvação.***

*A Deus,*

*À minha amada família, que acreditou e investiu em mim. Aos meus pais, Elza e Walteir, expresso minha profunda gratidão pelo cuidado, dedicação e amor que sempre me proporcionaram, dando-me a certeza de que não estou sozinho nesta jornada.*

***DEDICO!***

## AGRADECIMENTOS

Em primordial reconhecimento, expresso minha gratidão A Deus, a fonte inesgotável de força e amor que tem iluminado minha jornada. Mesmo diante das intempéries, Sua presença constante mostrou que a realização deste sonho é tangível para aqueles que almejam e lutam com determinação. Em sua benção divina, Deus utilizou de pessoas e lugares durante essa caminhada, o que tornou possível vencer mais essa etapa em minha vida.

Aos meus pais, Walteir e Elza, que eu tanto amo, exemplo de vida que ofereceram, pelo amor incondicional que sempre me envolveu e pelo apoio compassivo que foi essencial para que eu trilhasse meu caminho nos estudos. Obrigado por serem a âncora que sustentou meu progresso e por contribuírem para a realização deste sonho. Toda a minha gratidão está com vocês!

Aos meus queridos irmãos, Gláucia, Glaucilene e Leandro, por estarem sempre ao meu lado, apoiando cada uma das minhas decisões. Vocês são minha referência maior, minha presença constante em todos os momentos.

Às minhas sobrinhas, Leticia e Luiza, expresso meu amor e alegria que emanam de suas presenças, iluminando meu caminho de maneira única e especial.

Agradeço ao universo por ter me presenteado com pessoas incríveis, em particular dois grandes amigos: Victor Crespo de Oliveira e João Victor Gonçalves. Meu profundo agradecimento pelo companheirismo, conselhos, risadas; sem a colaboração de vocês, a concretização deste trabalho teria sido impossível. Minha eterna gratidão! Não foi uma tarefa fácil, mas, com certeza, suas companhia e amizade tornaram o processo mais leve e divertido.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar Doutorado neste ambiente de aprendizado.

Ao Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), que me colocou em contato com pessoas incríveis. Expresso meu agradecimento especial aos estagiários voluntários, alunos de graduação, pelo empenho e convívio diário durante a organização e realização do experimento.

À Profa. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, agradeço a valiosa oportunidade, orientação, confiança e pelos preciosos ensinamentos, tanto profissionais quanto pessoais e seus ensinamentos humanos a tornam uma pessoa admirável.

Em especial, à minha coorientadora, a Professora Cinara Carvalho. Sua coorientação foi fundamental, oferecendo auxílio precioso para a concretização deste trabalho. A paciência e a

maneira única de ensinar foram um verdadeiro presente. Seu trabalho foi conduzido com leveza, profissionalismo, sensibilidade.

Aos membros do Laboratório de Ergonomia - LABERGO da Universidade Federal de Viçosa, pela receptividade, apoio, compartilhamento disponibilização da infraestrutura. Um agradecimento especial a Márcia Oliveira e ao professor Luciano Minetti pela dedicação e ajuda concedida.

Agradeço aos professores Cecília de Fátima Souza, Fernando da Costa Baêta, Fernanda Sousa e Valmir Sartor pelo conhecimento transmitido a mim e por toda a contribuição ao longo do doutorado.

Agradeço imensamente a todos os meus professores, que tiveram um papel fundamental em minha formação e trajetória, desde os primeiros anos na primeira série até o término da graduação e pós-graduação. A todos que cruzaram o meu caminho, sendo agentes de transformação e inspiração, em todas as instituições públicas que tive a honra de estudar, como a Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Estadual Paulista e Universidade Federal de Viçosa.

Aos queridos amigos com quem tive o privilégio de compartilhar momentos em Viçosa, em especial à Francielle Santiago, e aos companheiros dos esportes nos quais tive a honra de participar: judô, vôlei de areia, peteca e Jiu-Jitsu.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por incentivar e apoiar o desenvolvimento de pesquisas científicas.

A Unidade de Produção Animal, por ter permitido a realização deste trabalho dentro de suas instalações e por tão generosamente ter contribuído através da participação de seus funcionários. Aos funcionários da empresa em estudo, pelo apoio e contribuição durante a coleta de dados

Agradeço a todos os “anjos” que o Senhor colocou em meu caminho, auxiliando, guiando e protegendo. Suas presenças foram bênçãos que tornaram minha jornada mais iluminada, segura e concreta.

Agradeço a todos que contribuíram para esta conquista, seja auxiliando diretamente ou apresentando desafios em meu caminho. Todas essas experiências foram fundamentais para meu crescimento e evolução!

**Obrigado!**

*“Aceite tudo o que estiver presente, e, uma vez aceito incondicionalmente, tudo fica belo. Mesmo a dor tem efeito purificador. Assim, por tudo o que surgir em seu caminho, fique grato”.*

**Osho**

## BIOGRAFIA

LEONARDO FRANÇA DA SILVA, filho de Walteir Rodrigues da Silva e Elza Aparecida de Fátima Silva, nasceu em Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil em 09 de fevereiro de 1993.

Em março de 2011 ingressou no curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Minas Gerais. Em dezembro de 2016, defendeu sua monografia sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Irene Menegali, intitulada “**Diagnóstico da qualidade do ar e conforto térmico em aves de postura**” na área de Construções Rurais e Ambiente.

Em março de 2018 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia na Universidade Estadual Paulista, na linha de pesquisa Bioenergia, Bioeconomia e Inovação, sob a orientação do Prof. Dr. Osmar Carvalho Bueno. Submeteu-se à defesa da dissertação intitulada “**Sustentabilidade da produção agrícola de agricultores familiares ligados à associação dos produtores rurais do bairro do Chaparral e região - Botucatu/SP**” em fevereiro de 2020.

Em dezembro de 2020 ingressou no Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, em nível de doutorado, concentrando seus estudos na área de Construções Rurais e Ambiente, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Em novembro de 2023, concluiu o curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança, apresentando minha monografia com o título "**Acidentes de trabalho causados por máquinas agrícolas**". Além disso, na área de Engenharia de Produção, defendi a monografia intitulada "**Estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial para a implantação de uma agroindústria de polpa de fruta**".

## RESUMO

SILVA, Leonardo França, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **Potencialidades e avaliação ergonômica em sistemas intensivos de produção de leite no Brasil.** Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientadora: Cinara da Cunha Carvalho Siqueira.

O Brasil exerce significativa influência na produção global de leite, consolidando-se como uma das principais bases econômicas no segmento de alimentos de origem animal no país. Tal ascensão é resultado de melhorias nutricionais, progressos no manejo zootécnico e aplicação de tecnologias na produção leiteira. Nesse contexto, o setor leiteiro busca estratégias para manter sua competitividade nos mercados nacional e internacional. Uma das estratégias adotadas pelo setor leiteiro é a atenção voltada para a saúde, bem-estar e condições de trabalho dos colaboradores no processo produtivo. Entretanto, existe uma carência de informações sobre como os trabalhadores desempenham suas atividades nesta cadeia produtiva. Diante desse cenário, o estudo da ergonomia se torna uma ferramenta essencial, abrangendo um conjunto de ciências e tecnologias com o objetivo de assegurar uma adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu ambiente de trabalho. Desta forma, o objetivo geral desta tese foi elencar as principais características, potencialidades e desafios do uso de dois diferentes sistemas intensivos de produção de leite, *Compost Barn (CB)* e *Free Stall (FS)*, levando em consideração os aspectos de implementação, manutenção e manejo, indicadores econômicos, produtivos, reprodutivos e qualidade de leite, bem como avaliar e caracterizar o ambiente de trabalho e as atividades desempenhadas nos dois mencionados sistemas intensivos de produção de leite, sob ótica da análise ergonômica do trabalho e das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego. A pesquisa foi conduzida em Unidade comercial de Produção Animal (UPA), localizada na região da Zona da Mata Mineira, que utiliza sistemas intensivos de confinamento *CB* e *FS* característicos do país. Após levantamento para composição deste banco de informações, procedeu-se a avaliação em campo. Deste modo, o estudo compreendeu a análise ergonômica do trabalho executado pelos colaboradores, nos dois sistemas da UPA em estudo, baseada nas normas regulamentadoras e diretrizes do Ministério do Trabalho e Emprego. Foram examinadas as condições térmicas, abrangendo as médias de temperatura de bulbo seco do ar (tbs) e umidade relativa (UR %), além dos níveis de ruído e iluminação, em todos os setores da UPA. A avaliação biomecânica e a análise postural dos colaboradores envolvidos nos sistemas mencionados foram realizadas com base em fotografias tomadas nos ambientes dos dois sistemas, as quais foram posteriormente analisadas com o auxílio do

Software, 3DSSPP<sup>TM</sup>, versão 6.0.2, desenvolvido pela Universidade de Michigan, nos Estados Unidos. Utilizou-se um questionário semiestruturado para diagnosticar o perfil dos trabalhadores. Com base nas diretrizes do Ministério do Trabalho e Emprego, foram propostas medidas para minimizar ou eliminar os riscos identificados na UPA, visando não apenas a segurança dos trabalhadores, mas também a melhoria da eficiência e bem-estar no ambiente de trabalho, contribuindo para a competitividade do setor leiteiro no Brasil. No âmbito das condições ambientais, as salas de ordenha do Sistema *FS* apresentaram as maiores médias de temperatura, enquanto as instalações *CB* e *FS* ofereceram condições termicamente mais favoráveis. A qualidade do ar em ambos os sistemas estudados foi considerada aceitável, com concentrações seguras de Amônia (NH<sub>3</sub>) e monóxido de carbono (CO). Os níveis de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA, exceto no interior da instalação *CB* durante o horário das 05 horas. Quanto aos níveis de ruído, todos os ambientes estudados estiveram abaixo dos limites máximos tolerados estabelecidos pela NR 15 (2004), com a fábrica de ração registrando as médias mais elevadas, com valores médios de 76,3 dB. Os valores de luminância em todos os ambientes mantiveram-se dentro dos limites recomendados pela NBR - 5413. Na avaliação biomecânica, as forças de compressão no disco L5/S1 em todas as atividades analisadas ficaram abaixo do limite de 3.400 N. Os dados referentes à análise dos componentes principais (ACP) evidenciaram uma correlação significativa entre essas atividades e uma redução nas chances de lesões nas articulações do joelho, tornozelo e quadril, bem como uma diminuição nos esforços de compressão no disco L5/S1.

**Palavras-chave:** Ambiência. Sistemas intensivos de produção de leite. Condições de trabalho. Segurança do trabalho.

## ABSTRACT

SILVA, Leonardo França, D.Sc., Federal University of Viçosa, February 2024. **Potential challenges and ergonomic evaluation in intensive milk production systems**. Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-adviser: Cinara da Cunha Carvalho Siqueira.

Brazil exerts a significant influence on global milk production, consolidating itself as one of the main economic bases in the animal foods segment in the country. This rise is the result of nutritional improvements, progress in zootechnical management and the application of technologies in dairy production. In this context, the dairy sector seeks strategies to maintain its competitiveness in national and international markets. One of the strategies adopted by the dairy sector is the attention focused on the health, well-being and working conditions of employees in the production process. However, there is a lack of information about how workers perform their activities in this production chain. Given this scenario, the study of ergonomics becomes an essential tool, covering a set of sciences and technologies with the aim of ensuring a comfortable and productive adaptation between human beings and their work environment. Thus, the general objective of this thesis was to evaluate and characterize the work environment and activities performed in two intensive milk production systems, *Compost Barn (CB)* and *Free Stall (FS)*, from the perspective of ergonomic analysis of work and standards regulations of the Ministry of Labor and Employment. The research was conducted in an Animal Production Unit (UPA), located in the Zona da Mata Mineira region and features intensive *CB* and *FS* confinement systems characteristic of the country. Thus, the study comprised an ergonomic analysis of work, based on regulatory standards and guidelines from the Ministry of Labor and Employment. Thermal conditions were examined, covering average air dry bulb temperature (tbs) and relative humidity (RH%), in addition to noise and lighting levels, in all sectors of the UPA. Biomechanical assessment and postural analysis of employees involved in the mentioned systems were carried out using photographs that were later analyzed with the help of the Software, 3DSSPPTM, version 6.0.2, developed by the University of Michigan, in the United States. A semi-structured questionnaire was used to diagnose the workers' profile. Based on the guidelines of the Ministry of Labor and Employment, measures were proposed to minimize or eliminate the risks identified in the UPA, aiming not only at the safety of workers, but also at improving efficiency and well-being in the work environment, contributing to the competitiveness of the dairy sector in Brazil. Through data analysis, it was found that 78% of employees in the dairy sector are satisfied, mainly due to the agreement

between working hours and their family and domestic responsibilities. However, 77.8% expressed dissatisfaction due to insufficient sleep, causing drowsiness during the working day, with pay being identified as the main source of dissatisfaction. In relation to health, 77.7% of those interviewed mentioned leg pain as the most common complaint, attributed to the long working hours standing. Additionally, 33.3% mentioned back and arm pain, while 11.1% reported shoulder discomfort. In terms of environmental conditions, the *FS* System milking parlors had the highest temperature averages, while the *CB* and *FS* facilities offered more favorable thermal conditions. The air quality was considered acceptable, with safe concentrations of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) and carbon monoxide ( $\text{CO}$ ). Carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) levels remained within the limits established by ANVISA, except inside the *CB* facility during the 5 am hours. As for noise levels, all environments studied were below the limits established by NR 15 (2004), with the feed factory recording the highest averages, with average values of 76.3 dB. The luminance values in all environments remained within the limits recommended by NBR - 5413. In the biomechanical evaluation, the compression forces on the L5/S1 disc in all analyzed activities were below the limit of 3400 N. The data referring to Principal component analysis (PCA) showed a significant correlation between these activities and a reduction in the chances of injuries to the knee, ankle and hip joints, as well as a decrease in compression efforts on the L5/S1 disc.

**Keywords:** Ambience. Intensive milk production systems. Work conditions. Workplace safety.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>OBJETIVOS</b> .....	17
<i>Geral</i> .....	17
<i>Específicos</i> .....	17
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	18
<b>PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM SISTEMAS <i>COMPOST BARN</i> E <i>FREE STALL</i>: DESAFIOS E PERPECTIVAS</b> .....	21
<b>1. Introdução</b> .....	23
<b>2. Sistemas intensivos de produção de leite <i>Free Stall</i></b> .....	25
2.1. <i>Origem, conceitos e considerações</i> .....	25
2.2. <i>Implantação dos sistemas <i>Free Stall</i> no Brasil</i> .....	27
<b>3. Sistemas intensivos de produção de leite <i>Compost Barn</i></b> .....	31
3.1. <i>Origem, conceitos e considerações</i> .....	31
3.2. <i>Implantação dos sistemas <i>Compost Barn</i> no Brasil</i> .....	32
3.3. <i>Camas em sistemas <i>Compost Barn</i></i> .....	36
3.3.1. Materiais utilizados para a composição da cama .....	36
3.3.2. Manejo diário do material de cama .....	38
3.4. <i>Manejo dos dejetos em sistemas <i>Compost Barn</i> e <i>Free Stall</i></i> .....	42
<b>4. Compost Barn e Free Stall: Qual sistema utilizar?</b> .....	42
4.1. <i>Manejo da cama</i> .....	43
4.2. <i>Manejo de dejetos</i> .....	43
4.3. <i>Incidência de problemas de casco</i> .....	44
4.4. <i>Conforto para os animais alojados</i> .....	44
4.5. <i>Sanidade dos animais</i> .....	45
4.6. <i>Comparativo econômico</i> .....	45
<b>5. Indicadores de qualidade e produção de leite, reprodutivos e econômicos</b> .....	46
5.1. <i>Qualidade do leite</i> .....	46
5.2. <i>Produção de leite</i> .....	48
5.3. <i>Reprodução</i> .....	49
5.4. <i>Indicadores econômicos</i> .....	51
<b>6. Considerações finais</b> .....	52

Referências .....	53
-------------------	----

## AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE ATIVIDADES REALIZADAS EM SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE .....

66

<b>1. Introdução</b> .....	68
<b>2. Material e Métodos</b> .....	70
<b>2.1. Etapas da Pesquisa</b> .....	70
<b>2.2. Infraestrutura da Unidade de Produção</b> .....	71
2.2.1. Caracterização da instalação <i>Compost Barn</i> .....	71
2.2.2. Caracterização da instalação <i>Free Stall</i> .....	74
<b>2.3. Principais atividades desempenhadas nos galpões <i>Compost Barn</i> e <i>Free Stall</i> e na Fábrica de Ração</b> .....	76
2.3.1. Atividades da ordenha dos sistemas <i>CB</i> e <i>FS</i> .....	76
2.3.2. Atividades relacionadas à limpeza e manejo nos sistemas <i>CB</i> e <i>FS</i> .....	77
2.3.4. Reposição de areia do sistema <i>FS</i> .....	78
2.3.5. Manejo dos animais nos sistemas <i>CB</i> e <i>FS</i> .....	78
2.3.6. Atividades de operações do conjunto mecanizado nos sistemas <i>CB</i> e <i>FS</i> .....	79
2.3.7. Atividades relacionadas a fabricação de ração .....	79
<b>2.4. Fatores Ergonômicos Avaliados</b> .....	80
2.4.1. Ambiente térmico .....	80
<b>2.4.2. Qualidade do ar</b> .....	81
2.4.3. Ruído .....	82
2.4.4. Iluminação .....	83
2.4.5. Avaliação biomecânica .....	84
<b>2.5. Análise estatística</b> .....	85
2.5.1. Estatística descritiva .....	85
2.5.2. Análise de componentes principais das variáveis ergonômicas em cada instalação ..	85
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	86
<b>3.1. Perfil Socioeconômico</b> .....	86
<b>3.2. Análise dos fatores ergonômicos</b> .....	90
3.2.1. Ambiente térmico .....	90
3.2.2. Qualidade do ar .....	94
3.2.3. Ruído .....	96
3.2.4. Iluminação .....	98

<b>3.3.</b>	<b><i>Avaliação biomecânica</i></b> .....	100
3.3.1.	Atividade de ordenha dos sistemas <i>CB e FS</i> .....	101
3.3.2.	Atividade de limpeza da sala de ordenha Sistema <i>CB</i> .....	103
3.3.3.	Atividade de limpeza da sala de ordenha Sistema <i>FS</i> .....	105
3.3.4.	Atividades de limpeza e raspagem do sistema <i>CB</i> .....	107
3.3.5.	Atividades de limpeza e raspagem do sistema <i>FS</i> .....	108
3.3.6.	Atividades relacionadas a limpeza dos bebedouros e reposição de areia no sistema <i>FS</i> .....	109
3.3.7.	Atividade relacionada aos tratos e manejo dos animais no sistema <i>CB</i> .....	110
3.3.8.	Atividades relacionadas aos tratos e manejo dos animais no sistema <i>FS</i> .....	113
3.3.9.	Atividades ligadas a operação de conjunto mecanizado nos sistemas <i>CB e FS</i> .....	115
3.3.10.	Atividades desempenhadas na Fábrica de Ração .....	118
<b>3.4.</b>	<b><i>Análise dos componentes principais em relação as variáveis ergonômicas nos diferentes ambientes de trabalhos avaliados no sistema CB e FS</i></b> .....	120
<b>3.5.</b>	<b><i>Análise L5/S1 com as variáveis ambientais e ergonômica em cada instalação</i></b> ....	126
<b>3.6.</b>	<b><i>Adequações e proposição de melhorias no sistema de produção de leite CB e FS em relação a unidade de produção estudada em relação as diretivas do ministério do trabalho e emprego</i></b> .....	131
3.6.1.	Recomendações gerais .....	131
3.6.2.	Recomendações para as atividades relacionadas as salas de ordenha.....	133
3.6.3.	Recomendações em relação ao conjunto mecanizado.....	135
<b>4.</b>	<b>Considerações finais</b> .....	135
<b>Referências</b> .....		136
<b>APÊNDICE A</b> .....		144
<b>ANEXO A</b> .....		151
<b>ANEXO B</b> .....		156

## INTRODUÇÃO GERAL

O leite, sob a ótica nutricional, figura como um recurso alimentar de elevado valor, sendo uma fonte de proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas e sais minerais, com propriedades nutricionais incontestáveis, desempenhando, assim, papel crucial na preservação da saúde humana (Stoppe et al., 2021; Langerijt et al., 2021; Carvalho et al., 2022). No entanto, a sua relevância transcende o domínio estritamente nutricional, emergindo como um dos pilares impulsionadores tanto da economia quanto do desenvolvimento nacional, conforme o evidenciado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FAO, 2023; IBGE, 2023).

A produção de leite surge como uma ferramenta estratégica para o progresso econômico do Brasil, desempenhando função relevante na promoção do desenvolvimento econômico no setor agropecuário brasileiro (Embrapa, 2020; Andrade et al., 2021). Assim, além de sua função primária de fornecer nutrientes, a atividade leiteira consolidando-se como uma força motriz tanto para a estabilidade econômica quanto para o desenvolvimento social, destacando sua incontestável importância global. Sendo assim, a cadeia produtiva do leite no Brasil assume grande relevância no agronegócio nacional, operando nos segmentos de produção, industrialização e comercialização de leite e derivados em todas as regiões do território nacional. Portanto, esse setor desempenha papel significativo no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (Embrapa, 2020).

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o Brasil conta com aproximadamente 1,17 milhão de propriedades voltadas para a produção de leite, movimentando anualmente cerca de 12 bilhões de reais e gerando, aproximadamente, 3,5 milhões de empregos. A produção de leite destaca-se globalmente, posicionando o Brasil entre os maiores produtores do mundo. É relevante pautar que a produção nacional tem apresentado crescimento significativo, sendo que de 1974 a 2023, o volume produzido mais que quadruplicou, aumentando de 7,1 para mais de 35,3 bilhões de litros de leite (IBGE, 2023). Estes números denotam a contínua expansão e importância econômica da bovinocultura leiteira no cenário agrícola brasileiro.

Dessa forma, para que a bovinocultura de leite brasileira possa elevar ainda mais os níveis de produção e produtividade, deverá ter o foco em sistemas de produção que priorizem o máximo conforto animal e dos trabalhadores, de forma a vencer os inúmeros desafios advindos principalmente das condições climáticas do país (Andrade et al., 2020; Valente et al., 2020; Damasceno, 2020; Oliveira et al., 2022). Simultaneamente, observa-se a busca por

sistemas de criação que proporcionam a redução das emissões, o reaproveitamento de resíduos e a eficiência no retorno do capital investido (Albuquerque et al., 2020).

Nessa perspectiva, a adoção de sistemas intensivos na criação de animais tem ganhado relevância na bovinocultura leiteira do Brasil. Entre os sistemas de confinamento empregados nessa atividade, dois merecem destaque: o *Free Stall (FS)* e o *Compost Barn (CB)* (Mota et al., 2017; Galama et al., 2020; Oliveira et al., 2023).

O *FS* envolve galpões cobertos com camas individuais forradas e corredores concretados, possibilitando a livre movimentação dos animais (Cecchin et al., 2014; Mota et al., 2017). Apesar de sua adoção generalizada no Brasil, o *FS* enfrenta desafios, como o elevado consumo de água para o transporte de excretas e obstáculos na gestão de resíduos, incluindo chorume e materiais sólidos (Andrade et al., 2022). Como alternativa ao sistema *Free Stall (FS)*, o *Compost Barn (CB)* tem ganhado proeminência. No *CB*, os animais ficam soltos em uma ampla área de galpão, permitindo movimentação livre (Mota et al., 2017; Damasceno, 2020; Boyle et al., 2020). Essa abordagem tem se destacado como uma alternativa promissora em comparação ao sistema intensivo *FS* na produção no Brasil.

Contudo, mesmo com a adesão de sistemas com aparatos tecnológicos, tais como os mencionados *FS* e *CB*, verifica-se que o ritmo de trabalho acelerado dos indivíduos diretamente envolvidos nos processos produtivos, visando manter os níveis de produtividade e qualidade esperados, pode desencadear problemas na saúde do trabalhador. Muitas vezes, isso ocorre devido ao posicionamento inadequado durante a execução das atividades. Nesse contexto, a aplicação de práticas ergonômicas pode desempenhar um papel fundamental, contribuindo para a prevenção de problemas de saúde associados ao trabalho e promovendo um ambiente laboral mais seguro e saudável (Carvalho et al., 2011; Schettino et al., 2021; Soranso et al., 2023).

As preocupações com a segurança no trabalho são relativamente recentes no Brasil, principalmente no setor rural. Diante disso, é crucial realizar estudos para avaliar as condições em que os trabalhadores rurais exercem suas atividades, identificando possíveis não conformidades permitindo sugerir intervenções para melhorar o conforto, segurança e qualidade de vida desses profissionais.

Neste cenário, torna-se imperativo compreender minuciosamente as condições laborais em setores específicos, a exemplo da ordenha de leite e do manejo dos animais, considerando atividades correlatas. A natureza dessas práticas pode exercer impactos substanciais no bem-estar físico, emocional e psicológico dos trabalhadores, repercutindo de forma direta nos aspectos produtivos. Vale ressaltar a carência de informações acerca do bem-estar humano no

âmbito do trabalho rural, com especial atenção aos problemas posturais em sistemas de produção de bovinos (Oliveira et al., 2017).

No panorama da pecuária leiteira, a abordagem ergonômica surge como ferramenta relevante para nortear estudos e pesquisas. Essa área da ciência destaca a necessidade contínua de transformação e aprimoramento na gestão rural, gerando conhecimentos pertinentes para otimizar as condições de trabalho e agilizar os processos operacionais (Grandejean, 1998; Iida, 2005; Couto, 2014). Os argumentos abordados em relação ao ambiente e ao bem-estar dos trabalhadores em sistemas intensivos de produção de leite destacam a necessidade de abordar os desafios associados a acidentes e doenças ocupacionais. Esses problemas podem ser mitigados por meio da reorganização do trabalho, implementação de um programa ergonômico e ajuste das atividades de acordo com as normas de segurança do Ministério do Trabalho e Emprego, o que reforça a importância de estudos nesta área.

## **OBJETIVOS**

### **Geral**

Com base no exposto, esta pesquisa teve como objetivo geral elencar as principais características, potencialidades e desafios do uso de dois diferentes sistemas intensivos de produção de leite, *Compost Barn (CB)* e *Free Stall (FS)*, levando em consideração os aspectos de implementação, manutenção e manejo, indicadores econômicos, produtivos, reprodutivos e qualidade de leite (a ser apresentado no Capítulo I), bem como avaliar e caracterizar o ambiente de trabalho e as atividades desempenhadas nos dois mencionados sistemas intensivos de produção de leite, sob ótica da análise ergonômica do trabalho e das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (a ser apresentado no Capítulo II).

### **Específicos**

- I. Realizar um levantamento dos principais aspectos que norteiam o uso de sistemas intensivos de produção de leite *CB* e *FS* no Brasil, elencando suas principais características, potencialidades e desafios, levando em consideração os aspectos de implementação, manutenção e manejo, indicadores econômicos, produtivos, reprodutivos e qualidade de leite;
- II. Avaliar os fatores ambientais e ergonômicos, incluindo condições térmicas, níveis de ruído e iluminação, e verificar o impacto direto desses elementos nas questões de saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos em sistemas intensivos de produção de leite;

- III. Avaliar e analisar a postura biomecânica dos colaboradores em sistemas intensivos *CB* e *FS* de produção, analisando posturas críticas e identificando articulações mais susceptíveis a lesões;
- IV. Identificar, por intermédio da análise de componentes principais, a identificação das articulações mais suscetíveis a lesões, bem como determinar o ambiente de trabalho com maior preponderância para tais lesões;
- V. Analisar e desenvolver propostas visando a minimização ou eliminação dos riscos identificados, quando necessário, levando em consideração a aplicação das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE I.; ALENCAR A.; ÂNGELO C.; AZEVEDO T.; BARCELLOS F.; COLUNA I. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do clima do Brasil 1970-2019. **Observatório do Clima: Piracicaba, Brasil** 2020.

ANDRADE, R. R.; TINÔCO, I. F. F.; DAMASCENO, F.A.; BARBARI, M.; VALENTE, D. A.; VILELA, M. O.; SOUZA, C. F.; CONTI, L.; ROSSI, G. Lighting and noise levels in compost dairy barns with natural and forced ventilation. **Agronomy Research**, v. 18, p. 689–698, 2020.

ANDRADE, R.R. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas compost barn fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 2021. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Viçosa.

ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; FREITAS, L.C.S.R.; FERREIRA, C.F.S.; BARBARI, M.; BAPTISTA, F.J.F.; COELHO, D.J.R. Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. **Journal of Thermal Biology**, v.23, p.103111, 2021. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103111.

CARVALHO, C.C.S.; SOUZA, C.F., TINÔCO, I.F.F. VIEIRA, M.F.A.; MINETTE, L.J. Segurança, saúde e ergonomia de trabalhadores em galpões de frangos de corte equipados com diferentes sistemas de abastecimento de ração. **Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.31, n.3, p.438-447, maio/jun. 2011.

CARVALHO, L.S.; WILLERS, C.D.; SOARES, B.B.; NOGUEIRA, A.R.; NETO, J.A.A.; RODRIGUES, L.B. Environmental life cycle assessment of cow milk in a conventional semi-intensive Brazilian production system. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 21259–21274, 2022.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: O manual técnico da máquina humana**. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Anuário Leite 2020**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/AnuarioLEITE2019.pdf>. Acesso em: 23 novembro 2023.

GALAMA, P.J.; OUWELTJES, W.; ENDRES, M.I.; SPRECHER, J.R.; LESO, L.; KUIPERS, A.; KLOPČIČ, M. Symposium review: Future of housing for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.103, p.5759–5772, 2020. DOI: 10.3168/JDS.2019-17214.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Trimestral do Leite - 2º trimestre, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=destaques>. Acesso: out. 2023.

MOTA, V.C.; CAMPOS, A.T.; DAMASCENO, F.A.; RESENDE, E.A.M.; REZENDE, C.P.A.; ABREU, L.R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **Pubvet**, v.11, p.433–442, 2017. DOI: 10.22256/pubvet.v11n5.433-442.

OLIVEIRA, C. C. de; MORO, A. R. P.; ULBRICHT, L. Ergonomia Aplicada à organização do Trabalho na Pecuária Leiteira em Pequenas Propriedades no Paraná. **Revista perspectivas Contemporâneas**, v. 12, n. 3, p. 193-214, set./dez. 2017.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, V.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FERRAZ, G.A.S.; SOUSA, F.C.; ANDRADE, R.R.; NASCIMENTO, J.A.C.; SILVA, L.F. Air velocity spatial variability in open Compost-Bedded Pack Barn system with positive pressure ventilation. **ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS**, v. 95, p. e20220415, 2023. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220415>.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L.J.; LIMA, R.C.A.; NASCIMENTO, G.S.P.; CAÇADOR, S.S.; VIEIRA, M.P.L. Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker's health under the ergonomics approach. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 82, 2021.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L.J.; LIMA, R.C.A.; NASCIMENTO, G.S.P.; CAÇADOR, S.S.; VIEIRA, M.P.L. Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker's health under the ergonomics approach. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 82, 2021.

SORANSO, D. R.; MINETTE, L. J.; ANDRADE, R. C.; SCHETTINO, S.; NASCIMENTO, G. S. P. BERMUDEZ, W. L.; CAMPOS, J. C. C. Biomechanical analysis of wood processing work in tropical forest regions: A study in Midwest Brazil. **Journal Of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 20, p. 1-12, 2023.

SORANSO, D. R.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; NASCIMENTO, G. S. P.; LIMA, R. C. A.; BERMUDES, W. L.; LEME, M. P. Biomechanical Analysis of the Forest Cutting Operation in Tropical Forest Areas, Thick Brushwood, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 7, n. 2, p. 13754–13760, fev. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-137.

STOPPE, C.V.; BRASSALOTI, C.B.P.; CÂNDIDO; C.C.; POLÓ, T.S. A eficiência da homeopatia na qualidade do leite bovino. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5, p. 51305-51315, 2021.

VALENTE, D.A.; SOUZA, C.F.; ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; SOUSA, F.C.; ROSSI, G. Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v.18, p.1547–1555, 2020. DOI: 10.15159/AR.20.103

VARGAS, D.P.; NÖRBERG, J.L.; SCHEIBLER, R.B.; RIZZO, F.A.; TIRR, L.A.; MILANI, M.P. Qualidade físico-química e microbiológica do leite bovino em diferentes sistemas de produção e estações do ano. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.20, p. 1-11, 2019.

## **PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM SISTEMAS *COMPOST BARN* E *FREE STALL*: DESAFIOS E PERSPECTIVAS**

**RESUMO:** Além da importância nutritiva do leite como alimento, este se destaca como um dos produtos mais importantes no setor da agropecuária brasileira. De tal modo que, nos últimos 50 anos, a produção de leite no país cresceu sistematicamente, colocando o país entre os maiores produtores de leite do mundo. A evolução da produtividade nacional está associada às melhorias nutricionais, no sistema e manejo dos animais, bem como na inserção de tecnologias no processo de produção. A adesão a sistemas de confinamento para bovinos de leite tem sido crescente, ao mesmo tempo em que se busca por aplicação de tecnologias que sejam economicamente viáveis e proporcionadoras de melhores condições de bem-estar e conforto aos animais confinados, visando, assim, melhorias dos índices produtivos, reprodutivos e sanitários. Neste contexto, a produção intensiva de leite em sistemas tais como *Free Stall (FS)* e *Compost Barn (CB)*, são vistos, na atualidade, como importantes opções de alojamento e manejo adequados à obtenção de índices de produção satisfatórios. Contudo, entraves relacionados ao clima tropical e subtropical brasileiro, o qual impõe elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar durante a maioria do ano e em basicamente todo o território nacional, constituem desafios a serem vencidos na utilização de sistemas intensivos na produção leiteira. Adicionalmente, poucos estudos foram realizados, em especial voltados para aspectos comparativos de manejo ambiental, energético e ergonômico sustentável, aplicados para os sistemas intensivos mais comumente adotados ou em expansão no país, como o *FS* e o *CB*. Deste modo, objetivou-se com o presente estudo elencar os principais desafios e os pontos positivos encontrados nos sistemas intensivos de produção de leite *FS* e *CB*, tendo em vista os aspectos de implementação do sistema, manutenção e manejo das atividades, levando em consideração os indicadores econômicos, produtivos, reprodutivos e qualidade de leite. Para tanto, foram levantados os principais aspectos relativos aos dois sistemas, como surgimento, conceito, tipologia construtiva, materiais e manejo geral da atividade, bem como tipos e manejo do substrato cama. Foram levados em consideração os desafios, perspectivas, vantagens e desvantagens, limitações e principais dificuldades e gargalos relacionadas a implementação destes sistemas intensivos em Unidade de Produção Animal, para as condições do Brasil, assim como resultados de respostas sobre eventuais melhoras ou pioras na qualidade do leite, na produtividade e eficiência reprodutiva das vacas, em unidades de produção animal que migraram do sistema *FS* para o *CB*. Deste estudo, foram verificadas limitações em ambos sistemas estudados, especialmente relativas a práticas inadequadas ou dificuldades de manejo,

a falta de controle das condições ambientais, as implicações do uso do substrato, a imposição nem sempre atendida de adesão a uso de implementos e maquinário como facilitadores e melhoria do processo de manejo, entre outros, fazendo com que os resultados de índices produtivos nem sempre fossem satisfatórios ou economicamente viáveis. Apreendeu-se que muitas investigações ainda carecem de ser realizadas para as condições do Brasil, para que a tomada de decisão quanto a adoção de um ou outro sistema seja clara ao produtor rural.

**Palavras-chave:** Ambiência. Bem-estar animal. Sistemas de confinamento. Produção intensiva de leite. Bovinocultura leiteira.

### **INTENSIVE MILK PRODUCTION IN *COMPOST BARN* AND *FREE STALL* SYSTEMS: CHALLENGES AND PERSPECTIVES**

**ABSTRACT:** In addition to the nutritional importance of milk as food, it stands out as one of the most important products of Brazilian agriculture. In such a way that, in the last 50 years, milk production in Brazil has grown systematically, being among the largest milk producers in the world. The evolution of national productivity is associated with improvements in the system and animal management, as well as the use of better technologies in the production process. Adherence to confinement systems for dairy cattle has been a constant search for more technological and economically viable techniques that enable better conditions of well-being and comfort for confined animals, aiming at improvements in productive, reproductive, animal welfare and sanitary facilities, as well as the economic and environmental sustainability of the project. In this context, the intensive milk production systems *Free Stall (FS)*, *Compost Barn (CB)*, are currently seen as important tools to achieve satisfactory production rates. Thus, the aim of this study was to list the main challenges and strengths found in the FS and CB, considering aspects of system implementation, maintenance, and management of activities, and economic, productive, reproductive, and milk quality indicators. The main aspects of the two systems were raised, being discussed about the appearance, the concept, the constructive typology, the materials, and the handling of the bed. Also evaluating challenges, perspectives, advantages, and disadvantages related to the implementation of these intensive systems in Animal Production Unit. In addition to surveying the scientific literature, improvements in milk quality and productivity, reproductive efficiency, have been observed in animal production units that migrated from the FS system to the CB. However, this system brings with it some limitations that must be highlighted, in order to have a satisfactory performance, it is essential that the bed is well managed and replaced frequently, in addition to practicing the daily

management (turnover) that implies the adhesion of implements and machinery for process improvement. Regardless of the type of confinement/system, if the handling is not carried out properly, and the conditions of comfort and animal welfare are not adequate, the results and productive indexes will not be satisfactory.

**Keywords:** Ambience. Animal welfare. Confinement systems. Intensive milk production. Dairy cattle farming.

## 1. Introdução

A bovinocultura leiteira é um setor que possui grande relevância para o agronegócio brasileiro, por envolver um contingente significativo de produtores, gerar empregos na área rural e produzir alimentos essenciais a dieta humana (Sabbag; Costa, 2015; Andrade et al., 2020; Embrapa, 2020; Andrade et al., 2022). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), no ano de 2021, havia cerca de 1,17 milhões de propriedades produtoras de leite no Brasil, responsáveis por movimentar, anualmente, dez bilhões de reais e gerar três milhões de empregos diretos e indiretos.

Nos últimos 50 anos a produção nacional de leite cresceu sistematicamente, tornando o Brasil um dos maiores produtores de leite a nível mundial (Damasceno, 2020; Embrapa, 2020; FAO, 2022; Andrade et al., 2022). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2022), no ano de 2022, o Brasil se consagrou como um dos maiores produtores de leite do mundo, com uma produção anual de 34,801 milhões de litros.

Por outro lado, o setor de pecuária leiteira no país se depara com grandes desafios, ocasionados, sobretudo, pela falta de planejamento a médio e longo prazo, por grande fatia do setor, que impedem o desenvolvimento ainda maior da atividade (Sambuichi et al., 2012; Vilela et al., 2017). Conforme relatado por Barros (2011) e Texeira; Hespanhol (2014), em boa parte dos casos, a produção leiteira brasileira foi marcada por práticas herdadas na sucessão familiar, caracterizadas por decisões tomadas com base nas experiências vividas pela família, o que favoreceu uma tendência de insuficiente controle dos recursos e um caráter informal em demasia nos registros financeiros.

Como forma de atender as pressões mercadológicas, modernamente o setor da pecuária leiteira vem buscando mudanças com o objetivo de alcançar maior produtividade por animal e menores custos de produção, aprimorar a eficiência dos processos e contribuir com a sustentabilidade dos empreendimentos leiteiros (Damasceno, 2020; Embrapa, 2020). Neste sentido, ressalta-se que o aumento da produtividade vem sendo conquistado devido aos avanços

em genética, nutrição, manejo, ambiência e sanidade dos animais. Os resultados positivos são obtidos a partir dos esforços dos centros de pesquisa e empresas atuantes no setor, atrelados à adesão de tecnologias no processo produtivo e a utilização de sistemas intensivos de produção (Mayo et al., 2019; Damasceno, 2020; Embrapa, 2020; Radavelli, 2020; Valente et al., 2020; Andrade et al., 2021; Oliveira et al., 2022; Oliveira et al., 2023).

Na bovinocultura leiteira, os sistemas intensivos de produção são caracterizados por apresentarem instalações semiabertas ou totalmente fechadas, utilizarem mecanização e modernização tecnológica (Andrade et al., 2021; Andrade et al., 2022). Em contraponto, estes sistemas possuem alguns aspectos críticos relativos ao bem-estar animal. Dentre estes aspectos, pode-se destacar as restrições de movimentos, alta densidade animal e manejos inadequados (Bewley et al., 2012; Eckelkamp et al., 2016; Pilatti et al., 2017; Damasceno, 2020; Andrade et al., 2022).

Dentre os sistemas intensivos de confinamento, dois merecem destaque: *Free Stall (FS)* e *Compost Barn (CB)*. Atribui-se que o sistema *FS* foi criado em 1960 em Washington, nos Estados Unidos (EUA) (Albright, 1990; Araújo, 2001; Mota et al., 2017). De modo geral, este tipo de instalação consiste em um galpão coberto, com camas individuais que devem ser forradas com material macio e confortável, e corredores concretados, que permite que eles fiquem livres para alimentação e exercícios (Cecchin et al., 2014; Mota et al., 2017; Bewley et al., 2017; Bewley et al., 2017; Andrade et al., 2022).

O sistema *Free Stall* é amplamente difundido no Brasil, contando com muitos adeptos na pecuária. No entanto, é importante destacar algumas limitações significativas associadas a esse sistema tais como: consumo elevado de água: o sistema *Free Stall* requer um suprimento considerável de água para o transporte das excretas dos animais, sendo que este consumo pode ser uma preocupação, especialmente em regiões sujeitas a restrições hídricas. Adicionalmente, constituem desafios na gestão de resíduos: o manejo dos resíduos, incluindo o tratamento e a disposição adequada do chorume e dos materiais sólidos gerados.

Outro fator que deve ser evidenciado é que a eventual falta de infraestrutura ou gerenciamento apropriados para lidar com os resíduos gerados nos sistemas *Free Stall*, podem representar desafio significativo, comprometendo a sustentabilidade ambiental. Assim, o acúmulo de resíduos e o impacto no meio ambiente, como a contaminação da água e do solo, são preocupações importantes. Neste sistema ocorre a necessidade de treinamento e supervisão: A implementação bem-sucedida do sistema *FS* requer conhecimento técnico e a adoção de boas

práticas de gestão. O manejo inadequado pode resultar em problemas de higiene e no bem-estar dos animais e dos trabalhadores.

Portanto, embora o sistema *Free Stall* apresente inegáveis benefícios em termos de conforto para os animais e eficiência na produção, é crucial enfrentar essas limitações para garantir sua viabilidade e sustentabilidade a longo prazo. A conscientização sobre práticas adequadas de gestão e investimentos em infraestrutura podem contribuir para superar esses desafios.

Como alternativa ao sistema *Free Stall (FS)*, vem sendo difundido o sistema denominado *Compost Barn (CB)*, modelo de confinamento coletivo em que os animais permanecem soltos em uma grande área comum de galpão, podendo movimentar-se livremente (Mota et al., 2017; Damasceno, 2020; Boyle et al., 2020; Souza et al., 2021). Este modelo de instalação vem ganhando notoriedade entre os sistemas de produção no Brasil, mostrando-se uma boa alternativa quando comparado ao sistema intensivo *FS*, e recebendo aprovação entre os produtores de leite de diversos países (Barberg et al., 2007), como Estados Unidos (Endres e Barberg, 2007; Janni et al., 2007; Galama et al., 2014), Holanda (Galama et al., 2014) e Itália (Leso, et al., 2020). No Brasil, este sistema paulatinamente vem sendo adotado, principalmente nos últimos 10 anos.

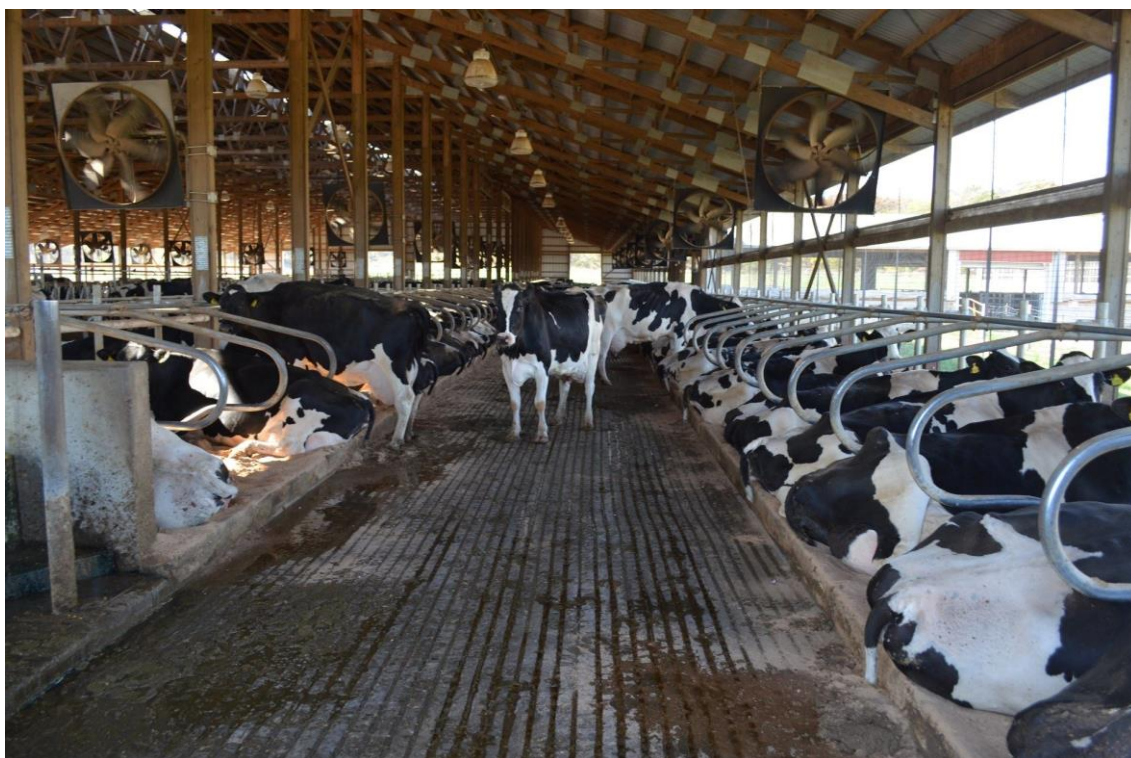
Diante deste cenário, no Brasil, a procura dos produtores de leite pelo sistema *CB* está aumentando e, juntamente com este interesse, há maior demanda por informações relativas às características e ao manejo do sistema. Observa-se, assim, um grande interesse, por parte do setor produtivo, em se traçar uma linha comparativa entre os sistemas *FS* e *CB*, de forma a viabilizar a correta adoção de um ou outro sistema para as condições da bovinocultura de leite do Brasil. Desta forma, objetiva-se com este trabalho elencar as principais características, potencialidades e desafios do uso de dois diferentes sistemas intensivos de produção de leite, *CB* e *FS*, levando em consideração os aspectos de implementação, manutenção e manejo, indicadores econômicos, produtivos, reprodutivos e qualidade de leite.

## **2. Sistemas intensivos de produção de leite *Free Stall***

### **2.1. *Origem, conceitos e considerações***

O sistema *FS* surgiu nos Estados Unidos na década de 1950, e rapidamente se popularizou no país, devido a facilidade de manejo apresentada quando comparado ao sistema *Loose Housing*. O nome do sistema faz referência ao modo que as vacas permanecem no interior da instalação, soltas dentro de uma área cercada, e com livre acesso as camas, dispostas em

baías individualizadas, onde se deitam (Araújo, 2001; Campos et al., 2006; Ramos, 2015; Mota et al., 2017), conforme representado na Figura 1.



**Figura 1.** Sistema *Free Stall* para confinamento de gado leiteiro. Fonte: EDUCAPOINT (2018).

No Brasil, a popularização do sistema *FS* deu-se em meados dos anos 80, quando produtores iniciaram a sua implementação e a Embrapa de Brasília realizou a construção de um *Free Stall*, buscando evidenciar a viabilidade do sistema aos produtores de leite (Araújo, 2001). A adesão do sistema *FS* nas unidades de produção animal possibilitou o aumento dos índices produtivos, por permitir que um maior número de vacas leiteiras pudesse ser ordenhado, bem como o manejo dos animais fosse realizado em grupos (Andrade et al., 2022).

Neste sistema de confinamento, os animais possuem acesso livre às baias individuais para repousarem, cujo piso é coberto por cama, com material que pode ser areia, serragem de madeira ou borracha triturada, entre outros. As baias são destinadas ao descanso dos animais, e a outra parte da instalação é destinada a alimentação e ao deslocamento (Mota et al., 2017; Andrade et al., 2022).

Nestes sistemas, os dejetos dos animais podem ser removidos por meio do uso de enxadas (manualmente) ou lavados por meio do *flushing*, realizados geralmente duas vezes ao dia. O material das camas precisa ser repostado à medida que a quantidade do material reduz ou se torna sujo e úmido (Araújo, 2001; Ramos, 2015; Mota et al., 2017; Souza et al., 2021).

## 2.2. *Implantação dos sistemas Free Stall no Brasil*

O projeto de uma instalação do tipo *FS* pode considerar diversas técnicas construtivas que devem ser integradas com as novas tecnologias para sistemas de produção de leite. Um bom projeto deverá contemplar aspectos construtivos que favoreçam o manejo diário, além de oferecer condições de conforto ao animal e minimizar os impactos ambientais (Ramos, 2015; Souza et al., 2021; Andrade et al., 2022).

Mcfarland (2008) e Campos et al., (2006), relataram que nos sistemas *FS* existe a necessidade de um planejamento eficiente, que possibilite o máximo de conforto térmico ambiental, facilitando a movimentação (fácil acesso aos comedouros e bebedouros), além de permitir condições iguais para todos os animais alojados (mitigar o comportamento de competição entre os animais). Os parâmetros e os aspectos que devem ser levados em consideração durante a implementação do projeto de uma instalação *FS* estão listados no Quadro 1.

Conforme descrito, existem muitas variáveis ao se projetar e implementar uma instalação *FS*. Ramos (2015), em seus estudos envolvendo a viabilidade econômica na produção de leite em sistemas de confinamento *FS*, afirmou que a falta de planejamento ou deficiências na elaboração de projetos destas instalações pode ocasionar consequências desastrosas na funcionalidade do projeto, da operação e da manutenção do sistema, dificultando assim o manejo diário das atividades.

Segundo Mcfarland (2008), os problemas na concepção do projeto do sistema *FS* relacionados ao inadequado posicionamento e dimensionamento de baias e corredores podem desencadear no aumento de casos de claudicação, escoriações e ferimentos nos animais. Como consequência, essas situações podem ser vistas como desvantajosas quando se opta pela implantação do sistema. Como contraponto, Araújo (2001), Cecchin (2012) e Ramos (2015) realizaram estudos em que evidenciaram algumas vantagens da implementação do sistema *FS*, quando se considera apenas a instalação animal em si, tais como: animais se exercitando regularmente; alta flexibilidade para organizar diferentes dietas; fácil mecanização; menor necessidade de implementos; e maquinários de baixo custo operacional. Manejo de sistemas *Free Stall*.

**Quadro 1.** Alguns parâmetros que devem ser levados em consideração durante a concepção de uma instalação do tipo *Free Stall*.

<b>Parâmetro</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Referência</b>
<b>Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação</b>	A orientação do eixo longitudinal do galpão deve ser no sentido Leste-Oeste.	Campos et al. (2006) Baêta e Souza (2010) Souza et al. (2021)
<b>Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação</b>	A inclinação ideal para o telhado de um sistema de confinamento <i>Free Stall (FS)</i> situa-se geralmente na faixa de 20° a 30°. Além da inclinação, é essencial prever lanternins de ventilação com aberturas que correspondam a cerca de 10% do tamanho do vão do telhado, com o objetivo de aprimorar a eficiência na troca de ar entre o interior e o exterior do galpão. Outro aspecto relevante é o tratamento do telhado, que deve ser refletivo ou pintado de branco. Essa prática visa a reduzir a incidência de radiação solar direta no interior do galpão, contribuindo para a manutenção de temperaturas mais confortáveis para os animais. Portanto, ao considerar a inclinação apropriada e medidas de ventilação e tratamento do telhado, é possível criar um ambiente mais adequado para o sistema de confinamento <i>Free Stall</i> , promovendo o bem-estar dos animais e a eficiência do sistema.	Campos et al. (2006) Baêta, Souza (2010) Souza et al. (2021)
<b>Aquisição material de cama</b>	Atentar-se em utilizar o material de cama correto. No caso da utilização de areia, as areias muito finas se misturam com os dejetos, que dificulta a reutilização deste material, areias muito grossas, podem aumentar a chance de lesões na pele dos animais. Sempre que utilizar areia como material de cama, esta deve ser peneirada e lavada. Também é importante ficar atento a umidade desta areia, o recomendado é estar entre 10 e 12%.	Cook (2009) Cecchin (2014) Andrade et al. (2022)
<b>Dimensionamento dos Bebedouros</b>	Os bebedouros requerem cuidados no que tange sua disposição no interior da instalação, devendo ser instalados a sombra e em locais ventilados, para minimizar os efeitos da radiação solar sobre estes equipamentos. O comprimento do bebedouro, por animal, deve ser de 0,6 m a 0,75 m..	Coelho (2000) Campos et al. (2006) McFarland (2008) MWPS-7 (2000)
<b>Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação</b>	Projetar a instalação a fim de que a movimentação dos animais seja realizada de forma prática e segura, com intuito de evitar possíveis quedas e escorregões. Neste caso, o piso do corredor de serviço deve ser em concreto frisado no sentido longitudinal, com declividade de 1 a 1,5%, de maneira a oferecer maior segurança aos animais e auxiliar no escoamento de água de limpeza diária e dos dejetos ali depositados	Campos et al. (2006) Souza et al. (2021) McFarland (2008)
<b>Dimensionamento das Baias</b>	Em relação ao comprimento as baias dever ter o tamanho suficiente para possibilitar de descanso confortáveis para as vacas, sendo esta dimensão por volta de 2,20 m. Já em relação a largura, deve permitir que as vacas detenham espaço suficiente para serem encorajadas a entrar, reclinar, descansar, levantar e sair. A largura tipicamente utilizada em instalações <i>Free Stall</i> e de 1,20 a 1,50 m.	Coelho (2000) Campos et al. (2006) McFarland (2008)

Fonte: O autor, 2023. Compilação dos referidos autores citados.

Segundo Campos (2001), Cook (2009) e Cecchin (2012), o material ideal para ser utilizado como cama em um sistema de confinamento do tipo *FS* deve ser higiênico, confortável, apresentar baixo custo de aquisição e minimizar a necessidade de mão-de-obra. Cook (2009), Cecchin (2012) e Norring et al., (2010) afirmaram que um material de cama confortável assegura que a vaca permaneça em repouso por mais tempo, o que é benéfico para o bem-estar do animal e para o aumento dos índices produtivos. O material mais utilizado para compor a cama do *FS* é a areia, que é um material inorgânico, macio e higiênico (Cook, 2009; Norring et al., 2008). Cabe ressaltar que o manejo da cama no sistema de confinamento *Free Stall* apresenta algumas peculiaridades, que podem ser encaradas como desafios para produtor que optar por este sistema. O Quadro 2 lista algumas destas peculiaridades.

**Quadro 2.** Desafios quando ao manejo da cama em sistemas intensivos *Free Stall*.

<b>Parâmetro</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Referência</b>
<b>Aquisição material de cama</b>	Verificar a disponibilidade, quantidade, logística de transporte, custo do material que vai ser utilizado como cama. Atentar-se em relação ao tipo de material que será utilizado, quando não adequado, pode ser um problema para o conforto dos animais.	Ramos (2015) Souza et al. (2021) Andrade et al. (2022)
<b>Aquisição material de cama</b>	Atentar-se em utilizar o material de cama correto. No caso da utilização de areia, as areias muito finas se misturam com os dejetos, que dificulta a reutilização deste material, areias muito grossas, podem aumentar a chance de lesões na pele dos animais. Sempre que utilizar areia como material de cama, esta deve ser peneirada e lavada. Também é importante ficar atento a umidade desta areia, o recomendado é estar entre 10 e 12%.	Cook (2009) Cecchin (2014) Andrade et al. (2022)
<b>Reposição do Material De cama das baias, manutenção e limpeza</b>	Manter as baias com nível adequado de material de cama, uma vez que quando as vacas se deslocam tendem a retirar o material para fora, o que ocasiona uma depressão na parte de trás da baia. O baixo nível de material de cama torna a baia menos confortável.	Cecchin et al. (2014) Mcfarland (2008)
<b>Manutenção e Limpeza das baias</b>	Manter sempre as baias preparadas para o retorno das vacas pós ordenha. Os dejetos e a areia molhada devem ser removidos quando as vacas saem para ordenha. Dessa forma, fornecer cama seca e limpa estimula os animais a ficarem deitados por mais tempo.	Araújo (2001) Andrade et al. (2022)
<b>Estruturas e tratamento de resíduos</b>	No projeto de tratamento de águas residuárias, faz-se necessário o emprego de desarenadores, uma vez que o material de cama é carregado juntamente com os resíduos líquidos de lavagem dos corredores internos.	Gay (2009)

Fonte: O autor, 2023. Compilado das literaturas mencionadas.

### 3. Sistemas intensivos de produção de leite *Compost Barn*

#### 3.1. *Origem, conceitos e considerações*

Atribui-se que a primeira instalação considerada do tipo *Compost Barn (CB)* foi construída no estado americano da Virginia, EUA, em meados da década de 80 (Wagner, 2002; Milani, Souza, 2010). Contudo, sua consolidação como modelo de sistema de confinamento só aconteceu a partir do ano de 2001, quando um grupo de empresários atuantes no setor de laticínios optaram em implantar instalações *CB* no Estado Americano de Minnesota (Barberg et al., 2007; Mota et al., 2017; Leso et al., 2020; Damasceno, 2020).

A partir do ano de 2012, alguns produtores de leite brasileiros iniciaram o uso desse sistema de confinamento já praticado nos EUA e Europa, que foi concebido como uma alternativa aos sistemas de confinamento existentes na pecuária leiteira no Brasil, a saber: *Tie Stall (TS)*, *Free Stall (FS)* e *Loose Housing (LH)*, (Mota et al., 2017; Damasceno, 2020; Leso et al., 2020; Andrade et al., 2022). No Brasil, o pioneirismo da construção do *CB* é controverso, uma vez que existem informações de que a primeira instalação foi construída em 2012, na fazenda Santa Andrea em Itararé (SP), fato que é contestado por produtores de Piracicaba (SP), que afirmam que foram os primeiros a construir instalações do tipo no país (Mota et al., 2017).

Segundo Barberg et al., (2007), Black et al., (2013) e Damasceno (2020), o conceito principal do *CB* é o confinamento dos animais em uma grande área comum, cujo piso é revestido por cama de material macio e confortável (Figura 2), que sob determinadas condições de temperatura e umidade, será decomposta ao longo do tempo. O principal objetivo deste sistema é proporcionar aos animais confinados um local confortável e seco durante todo período de lactação, permitindo uma maior movimentação, quando comparado a outros sistemas de confinamento (Black et al., 2013; Damasceno, 2020; Leso et al., 2020). Quando os animais permanecerem soltos no interior da instalação *CB*, podem se comportar de maneira mais próxima à natural, como se estivessem livres no pasto, possibilitando melhores condições de bem-estar animal (Endres e Barberg, 2007).

Deste modo, nas últimas três décadas, vem se evidenciando o aumento do número de *CB* pelo mundo, tendo informações sobre sua utilização em diversos países, tais como: Estados Unidos (Barberg et al., 2007; Janni et al., 2007; Lobeck et al., 2011; Black et al., 2013), Argentina (Lazzarini et al., 2019), Áustria (Ofner-Schröck et al., 2015; Burgstaller et al., 2016), Brasil (Fávero et al., 2015; Damasceno et al., 2019; Kappes et al., 2020; Radavelli et al., 2020, Andrade et al., 2021; Oliveira et al., 2019; Debs, 2020, Oliveira et al., 2019a, Andrade, 2021, Oliveira et al., 2022), Holanda (Galama et al., 2020), Israel (Klaas et al., 2010), Itália (Leso et

al., 2018; Biasato et al., 2019; Lovarelli et al., 2020), Japão (Saishu et al., 2015), Ucrânia (Borshch et al., 2017), entre outros.



**Figura 2.** Sistema *Compost Barn* para confinamento de gado leiteiro. Fonte: O autor (2022).

### **3.2. Implantação dos sistemas *Compost Barn* no Brasil**

Relativamente às instalações *CB* encontradas no Brasil, é importante destacar que a quase totalidade destas são abertas nas laterais, sem presença de isolamento térmico, com ventilação natural ou forçada e, raramente, possuem dispositivos de monitoramento em tempo real do ambiente térmico (Radavelli, 2020; Andrade, 2021; Andrade et al., 2021; Oliveira et al., 2022). Porém, em um primeiro momento, as orientações para projeto de instalações *CB* eram oriundas de países de clima temperado, com condições climáticas diferentes das brasileiras, onde predominam climas tropical e subtropical (Andrade et al., 2021; Oliveira et al., 2022).

No entanto, as instalações implantadas em países de clima tropical e subtropical defrontam-se com um desafio diferente, quando comparadas às de países de clima temperado, pelo fato de terem que lidar com altas temperaturas e elevada umidade relativa durante a maior parte do ano (Mota et al., 2017; Damasceno, 2020; Andrade, 2021). Contudo, a baixa amplitude térmica de países de clima quente facilita a adesão de sistemas de condicionamento

térmico com menor consumo de energia, o que pode ser uma vantagem econômica (Leso et al., 2020).

Tendo em vista tal fato, Damasceno et al., (2020), Leso et al., (2020), Radavelli et al., 2020, Andrade et al., 2021 e Oliveira (2022) sugerem que, para um bom funcionamento do sistema *CB* em condições climáticas brasileiras, deve-se observar parâmetros de projeto e manejo. Dentre estes, pode-se citar adequada concepção e execução do projeto da instalação (orientação, escolha do local, dimensionamento dos elementos construtivos, materiais utilizados, fluxo de movimentação de animais e trabalhadores, tipo de sistema de ventilação etc.), uso de taxas de ventilação ajustadas para assegurar remoção de gases e secagem da cama (manutenção da umidade dentro dos padrões ideais) e atenção aos cuidados com o manejo da cama (densidade animal, escolha do material de composição, revolvimento e reposição do material).

Destaca-se ainda que a construção de uma instalação *CB* deve ser concebida com dimensionamento adequado das estruturas, para maior durabilidade (Bewley et al., 2012; Bewley et al., 2017; Damasceno, 2020; Souza et al., 2021; Andrade et al., 2022). Desta forma, qualquer erro na fase de concepção do projeto pode desencadear em dificuldades no manejo das atividades diárias, comprometer o bem-estar animal (acarretando redução da produtividade), aumentar gastos energéticos e monetários, além de interferir na saúde e bem-estar dos colaboradores da unidade de produção (Cadalto et al., 2020; Damasceno, 2020; Souza et al., 2021).

As instalações *CB* podem ser abertas ou fechadas, sendo compostas por uma área de descanso denominada cama, pista de trato, corredor de alimentação, comedouros, bebedouros, muretas e passagem de acesso para o corredor de alimentação (Damasceno, 2020; Andrade et al., 2022). Alguns dos principais critérios para a concepção do projeto *CB* estão listados no Quadro 3.

**Quadro 3.** Parâmetros que devem ser levados em consideração durante a concepção de instalações *Compost Barn*.

<b>Parâmetro</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Citação</b>
<b>Local de implantação do conjunto do Sistema</b>	O local para construção de instalações para bovinos leiteiros, de modo geral, deve ser uma leve encosta, em terreno de boas características de drenagem, boa ventilação natural, próximo de pontos de energia elétrica e água potável, e de fácil acesso.	Micheletti (1985) Baêta e Souza (2010) Ferreira (2016) Damasceno (2020) Souza et al. (2021)
<b>Local de implantação dos alojamentos</b>	A escolha do local de construção da instalação é importante do ponto de vista ambiental. A instalação deve ser construída em local distante de nascentes e cursos d'água, bem como em região cujo solo (que irá receber a cama) seja impermeabilizado ou compactado, visando reduzir o potencial de contaminação ambiental.	Baêta, Souza (2010) Ferreira (2016) Cadalto et al. (2020) Souza et al. (2021)
<b>Orientação das instalações do Sistema</b>	No hemisfério sul, a orientação da instalação deve ser projetada no sentido Leste-Oeste, o que acarreta menores incidências direta de raios solares nas horas mais quentes do dia no interior do alojamento animal.	Baêta, Souza (2010) Ferreira (2016)
<b>Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação</b>	O pé-direito deve ser entre 3,6 -4,8 m de altura, para uma melhor eficiência na ventilação natural e redução da carga térmica do telhado, além de não interferir no tráfego de maquinários dentro da instalação.	Bewley et al., (2012) Damasceno (2020)
<b>Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação</b>	A seleção dos materiais para a construção do telhado é de extrema importância para garantir o conforto térmico nas instalações. Apesar de não serem as opções mais eficientes em termos de isolamento térmico, as telhas de aço galvanizado e alumínio são amplamente utilizadas devido à sua capacidade de reduzir os custos de construção. Isso ocorre devido à facilidade de montagem que esses materiais oferecem, permitindo que a estrutura do telhado seja simplificada, além de serem leves e mais econômicas. Embora essas telhas possam não ser as mais eficazes em isolar o calor, sua popularidade é impulsionada por sua praticidade e acessibilidade na construção. No entanto, é importante considerar estratégias adicionais, como o uso de isolamento térmico, para compensar a capacidade limitada desses materiais em manter a temperatura interna confortável. Essa abordagem equilibrada permite a economia na construção, sem comprometer o bem-estar térmico das instalações.	Baêta, Souza (2010) Ferreira (2016) Souza et al. (2021)
<b>Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação</b>	A utilização de lanternins no telhado pode ajudar a retirar a ar quente e gases indesejáveis no interior da instalação e melhorar a ventilação. Um bom lanternim deve permitir uma abertura de cerca de 10 % da área do piso.	Baêta, Souza (2010) Ferreira (2016) Damasceno (2020)
<b>Aspectos arquitetônicos da instalação</b>	No corredor de alimentação deve estar localizado os bebedouros e comedouros. De maneira geral, o corredor é projetado ao longo do comprimento da instalação, podendo ser em uma ou nas duas extremidades ou, somente no corredor central.	Damasceno (2020) Cadalto et al. (2020)
<b>Aspectos arquitetônicos da instalação</b>	O piso do corredor de alimentação deve ser construído de concreto com acabamento, frisado, para evitar escorregões dos animais, apresentando inclinação de 1 a 2% para permitir melhor escoamento de dejetos e água de lavagem.	Damasceno (2020) Bewley et al. (2012)

Fonte: do autor, 2023. Compilado das literaturas mencionadas.

Conforme listado no Quadro 3, muitas são as variáveis que devem ser consideradas na fase projetual de uma instalação *CB*. Porém, segundo Damasceno (2020) e Cadalto et al., (2020), os produtores possuem certa resistência em relação a contratação de profissionais habilitados para a elaboração dos projetos, o que pode estar relacionado a questões financeiras ou até mesmo desconhecimento da necessidade. Este fato faz com que, em muitas situações, a concepção do projeto e posterior implementação do sistema *CB* seja realizada por profissionais não habilitados, aumentando as chances de erros ainda na etapa de adesão ao sistema. Levando em consideração os argumentos mencionados, diversos autores relatam em suas pesquisas científicas os desafios da implementação de sistemas *CB* em Unidades de Produção Animal, conforme listado na Quadro 4.

**Quadro 4.** Principais desafios da Implantação de sistema *Compost Barn* no Brasil.

Alto investimento inicial.
Aumento do consumo energético da Unidade de Produção (alta demanda do sistema de ventilação).
Dificuldade em encontrar material de cama em qualidade e quantidade suficiente;
Necessidade de maquinários e implementos específicos, utilizados no manejo da cama.
Preocupações com alto nível de poeira disperso durante os primeiros dias após a adição de cama nova, o que pode predispor inflamações nas mucosas e doenças respiratórias.
Por ser sistema relativamente novo no mundo e, ainda mais novo em países de clima Tropical e Subtropical, ocorre a escassez de informações científicas (relacionadas ao manejo do sistema, manutenção das condições de ambiência), de tal forma que, muitos questionamentos ainda estão aparecendo e suas respostas investigadas.

Fonte: Barberg et al., (2007); Lobeck et al., (2011); Eckelkamp et al., (2016); Pilatti e Vieira, 2017; Mota et al., 2017; Marcondes et al., (2019) Oliveira et al., 2019; Leso et al., (2020); Radavelli (2020); Damasceno (2020); Andrade (2021); Oliveira et al., (2022).

Em contraponto aos desafios listados (Quadro 2.4), o sistema *CB* detém aprovação e satisfação de produtores que o implementaram em diferentes países, como Estados Unidos (Endres e Barberg, 2007; Janni et al., 2007), Israel (Klaas et al., 2010), Holanda (Galama et al., 2014) e Itália (Leso, 2013; Leso et al., 2018). De acordo com diversos estudos, inúmeras são as vantagens da adesão do sistema *CB* em Unidades de Produção Animal (Wagner,2002; Barberg et al., 2007; Black et al., 2013; Fávero et al., 2015; Leso et al., 2018; Leso et al., 2019; Kappes et al., 2020; Lovarelli et al., 2020, Damasceno,2020), conforme relatado em diversos estudos científicos realizados no Brasil e no mundo.

Entre estas vantagens, segundo os autores Barberg, (2007); Janni et al., (2007); Damasceno (2012); Klaas et al., 2010; Black et al., (2013), Black et al., 2014; Brito, 2016; Mathus, 2017; Leso et al., (2019); Leso et al., (2018), Woodfoord et al., 2018; Fávero et al., (2015), Fonseca, (2017); Marcondes et al., 2019; Kappes et al., (2020), Lovarelli et al., (2020), Damasceno (2020); Debs (2020); Andrade et al., 2020, pode-se citar às seguintes:

- Melhoria na produção e na qualidade do leite;
- Animais mais limpos e confortáveis;
- Aumento da longevidade do rebanho;
- Diminuição de problemas com pernas e casco dos animais, desde que o sistema seja bem manejado;
- Maiores interações entre grupos sociais e expressão de comportamentos naturais, além da possibilidade de os animais deitarem-se nas posições que desejarem;
- Aumento na detecção do cio;
- Menor odor e incidência de moscas;
- Maior facilidade com o manejo dos dejetos e redução da produção de dejetos líquidos;
- Grande redução do consumo de água para limpeza de pisos devido a menor área de superfície concretada; e
- Melhor destinação dos resíduos provenientes do sistema de produção, possibilitando geração de renda extra, devido a comercialização do material de cama.

Diante dos argumentos expostos, a decisão de implementar o sistema *CB* em uma unidade de produção deve ser analisada com atenção e avaliada especificamente para cada caso. De forma geral, é fundamental que o projeto seja realizado por profissionais capacitados, no intuito de obter uma visão global acerca das principais vantagens e desvantagens da implementação (Bewley et al., 2012; Damasceno, 2020; Souza et al., 2021).

### **3.3. *Camas em sistemas Compost Barn***

#### **3.3.1. Materiais utilizados para a composição da cama**

A principal vantagem dos sistemas *CB* é a adesão de métodos de compostagem dos resíduos gerados pelos animais (Black et al., 2013). A compostagem da cama é uma forma eficiente para o tratamento dos resíduos, devido a sua conversão em um produto com adequadas características agrônômicas e possibilidade de contribuir para a preservação ambiental (Budziak et al., 2004; Fiori et al., 2008; Eckelkamp et al., 2016; Damasceno, 2020).

A cama pode ser classificada como um material de origem orgânica distribuído em uma área comum, necessário para a locomoção e descanso dos animais, e que recebe de maneira contínua uma carga diária de dejetos. A escolha do material a ser utilizado como material de cama deve priorizar os seguintes fatores: i) possuir adequada disponibilidade de nutrientes para os microrganismos decompositores; ii) proporcionar conforto aos animais; e iii); ser de material macio, apresentar custo-benefício para os produtores e ter disponibilidade na região (Damasceno 2020).

Para tanto, é necessário conhecer as características físico-químicas dos materiais que serão utilizados na cama, sendo primordial para acelerar o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos, essenciais para o processo de compostagem. Para o êxito do processo de compostagem, a relação carbono: nitrogênio (C:N) deve estar entre 25:1 e 30:1 e o pH deve apresentar valores entre 6,0 e 8,0. A relação C:N está inversamente relacionada ao número de animais alojados na instalação, ou seja, quanto maior a quantidade de animais por área, maior será a carga de nitrogênio (oriunda dos dejetos) e, assim, a relação C:N tende a diminuir, considerando a quantidade de cama constante (Janni et al., 2007; Bewley et al., 2012).

De modo geral, a fonte de carbono ou material de cama mais comumente utilizado é a serragem ou maravalha. Porém, para regiões de pouca oferta ou em épocas de escassez de material, outros materiais podem ser utilizados com êxito (Shane et al., 2010). O material deve atender a necessidade de conforto dos animais, uma vez que estes passam a maior parte do dia deitados sobre a cama para a atividade de ruminação ou para descanso. Neste sentido, o uso de materiais abrasivos, como a casca de arroz, pode ocasionar desconforto aos animais e aumentar lesões na região do úbere (Damasceno, 2020). Segundo Ferraz et al., (2020) e Singh et al., (2020), a escolha do material deve permitir que a superfície da cama se mantenha seca.

Cabe mencionar que, no Brasil, diversos são os materiais que podem ser utilizados como substrato cama, dentre eles: serragem e maravalha (advindas do beneficiamento da indústria madeireira); ou combinados com casca de arroz, ou de amendoim ou de café; resíduos da indústria da cana-de-açúcar etc. Na maioria dos casos, o material de cama é produzido na propriedade ou adquirido em regiões vizinhas (Damasceno, 2020).

Outro fator que deve ser considerado durante o processo da escolha do material da cama é a relação custo-benefício, sendo essencial verificar a disponibilidade na região em que a instalação será implementada. Contudo, a disponibilidade de material de cama é uma limitação para o manejo do *CB*, pois o material deve ser repostado periodicamente, no intuito de manter a

relação C/N dentro dos parâmetros adequados para que ocorra o processo de compostagem (Bewley et al., 2012; Damasceno, 2020; Caldato et al., 2020).

Tendo em vista o exposto, evidencia-se que existe a necessidade de estudos que avaliem os materiais utilizados como substrato em sistemas de confinamento *CB*. Neste sentido, um dos grandes entraves para o produtor que aloja seus animais nesse tipo de sistema é a falta de conhecimento parcial ou total sobre quais os materiais mais apropriados a serem utilizados como substrato, assim como o conhecimento das suas propriedades físicas e químicas (Damasceno, 2020; Ferraz et al., 2020).

No Brasil, dada a relativamente recente implantação de sistemas *CB*, observa-se que ainda há carência de estudos sobre os materiais de cama utilizados nas instalações do país, sendo o conhecimento atual baseado principalmente em relatos de produtores (Damasceno, 2020). Este é um campo de pesquisa que necessita de maiores investigações, a serem utilizadas como base para a escolha dos melhores materiais de cama empregados nas instalações *CB* brasileiras (Ferraz et al., 2020).

### 3.3.2. Manejo diário do material de cama

Segundo Black et al., (2013), o manejo da cama é visto como um dos mais importantes fatores para o êxito da produção de leite em sistemas *CB*. Para que o manejo da cama ocorra de forma eficaz, alguns parâmetros devem ser observados, tais como: densidade de alojamento de animais; quantidade de vezes que ocorre o revolvimento da cama; qualidade e quantidade do material; implemento que será utilizado no momento do revolvimento; etc. (Damasceno, 2020; Caldato et al., 2020).

O manejo da cama em instalações *CB* visa o fornecimento de uma superfície higiênica e confortável aos animais e, concomitantemente, busca manter a umidade e temperatura da cama em níveis adequados para o bom desempenho do processo de semi-compostagem (Black et al., 2013; Leso et al., 2020).

A faixa ideal de umidade da cama encontra-se entre 40 e 60%, enquanto a faixa de temperatura ideal é de 40 a 50°C (Black et al., 2013; Damasceno, 2020). A manutenção da umidade e temperatura da cama em níveis ideais é fundamental para a sanidade dos animais, haja vista que os níveis de temperatura e umidade terão influência direta sobre a geração de calor, responsável por secar a cama e reduzir as populações de microrganismos patogênicos (Damasceno, 2020).

Uma maneira de manejar a temperatura e umidade da cama é através do revolvimento do material. Este processo tem como finalidade descompactar e aumentar os poros da cama para serem preenchidos de ar, deixando a cama com a superfície macia e limpa. O revolvimento possibilita a incorporação de oxigênio nas camadas mais profundas da cama e colabora para o processo de secagem, de semi-compostagem e de uniformização da cama (Black et al., 2013; Cotta et al., 2015). O processo de revolvimento da cama deve ser realizado de duas a três vezes por dia, preferencialmente no período em que os animais saem para a sala de ordenha (Damasceno, 2020).

Os implementos utilizados para o revolvimento variam de acordo com a disponibilidade do produtor. Contudo, vale frisar que o uso de cada tipo de implemento gera diferentes resultados (profundidade de revolvimento, tamanho dos agregados, qualidade da mistura entre cama e dejetos), sendo fundamental atentar-se para a escolha do implemento adequados (Oliveira et al., 2019; Damasceno, 2020; Radavelli, 2020).

Nas instalações *CB* brasileiras, o subsolador e a enxada rotativa são comumente usados no processo de revolvimento da cama (Oliveira et al., 2019; Radaveli, 2020). O subsolador atinge maiores profundidades, quando comparado com a da enxada rotativa, chegando a camadas inferiores a 0,30 m. Porém, a utilização deste implemento agrícola não possibilita a quebra efetiva dos agregados de cama, e deve ser usado com devidos cuidados, evitando o contato com a base da cama (Oliveira et al., 2019; Damasceno, 2020).

A enxada rotativa opera nas camadas mais superficiais da cama, atingindo uma profundidade máxima de 0,20 m. Ela aprimora a aeração da camada superior, facilitando uma quebra mais eficaz dos torrões, o que promove a atividade microbiana. O uso regular da grade rotativa leva a uma maior degradação e consumo do material da cama, exigindo reposição contínua (Janni et al., 2007; Damasceno, 2020). Portanto, ao escolher o implemento a ser utilizado, é essencial ponderar sobre o estado físico da cama, buscando sempre manter condições adequadas (Oliveira et al., 2019; Damasceno, 2020).

No Brasil, é crescente a necessidade do desenvolvimento de implementos projetados especificamente para o processo de revolvimento da cama, para que se obtenha melhores resultados e, assim, o processo fique mais eficiente (Oliveira et al., 2019; Damasceno, 2020). A fim de suprir esta necessidade, algumas empresas vêm desenvolvendo equipamentos específicos para o revolvimento da cama, como o Misturador Avassalador MC 2000 *Plus* e o Revolvedor de *Compost Barn Vimaq*.

Antes de implementar o sistema *CB*, o produtor deve ficar atento em alguns parâmetros relacionados ao manejo da cama, que podem ser desafiadores para o sucesso do sistema *CB*. Dentre estes parâmetros, podem ser destacados os que estão listados no Quadro 5.

Em contrapartida, a adoção de sistemas *CB* em unidades de produção animal pode trazer diversas vantagens no que diz respeito às atividades de manejo e manutenção do sistema, quando comparados a outros sistemas intensivos de produção. A cama pode ser vista como uma alternativa rentável e sustentável para o produtor de leite, tendo em vista que, quando é retirada do galpão pode ser utilizada como fertilizante em áreas de lavouras e pastagem, ou até mesmo vendida como adubo (Damasceno, 2020; Petzel et al., 2009; Black et al., 2013).

Além disso, há redução da produção de resíduos líquidos e consecutiva economia com estruturas de tratamento de águas residuárias, quando comparado ao sistema *FS* (GAY, 2009). Estas estruturas de tratamento são grandes, podendo ocupar áreas que poderiam ser destinadas a outras atividades. O tratamento de águas residuárias é mais complexo, do ponto de vista operacional e estrutural. Portanto, quando se reduz geração de resíduos líquidos, há também maior simplificação do manejo dos dejetos do sistema de produção, o que implica em redução do uso de mão-de-obra e diminuição dos custos da operação.

**Quadro 5.** Principais parâmetros que devem ser levados em consideração para o manejo eficiente do substrato cama em instalações *Compost Barn*.

<b>Parâmetro</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Referência</b>
<b>Manejo da Cama</b>	Manutenção da temperatura, umidade e relação C/N em níveis adequados.	Black et al., (2013) Damasceno (2020)
<b>Material de cama</b>	Custo, disponibilidade, quantidade, qualidade, logística de transporte e armazenamento do material que irá compor a cama. Devido ao número crescente de instalações <i>CB</i> , tem sido observado uma maior concorrência por resíduos, tais como maravalha e serragem, elevando assim os custos de aquisição e reduzindo a disponibilidade desses materiais. Verificar a disponibilidade de materiais alternativos que possam ser incorporados como substrato.	Damasceno (2020) Caldato et al., (2020) Ferraz et al., (2020)
<b>Manejo da cama</b>	Recomenda-se que o revolvimento deste material seja realizado duas vezes ao dia, no intuito de promover a mistura e/ou inversão da cama na camada de 0,25 a 0,30 m, preferencialmente nos horários de ordenhas (quando os animais não se encontram na área de cama).	Barberg et al.,(2007) Janni et al., (2007) Leso et al., (2013)
<b>Manejo da cama (Maquinários x Implementos)</b>	Verificar os custos de aquisição dos implementos e maquinários necessários para processo de revolvimento, assim como mão de obra necessária (necessário a capacitação do colaborador para atuar neste processo).	Oliveira et al., (2019) Damasceno (2020)
<b>Manejo da cama (Maquinários e Implementos)</b>	Os implementos específicos para o revolvimento da cama não são amplamente difundidos no mercado, sendo que, em muitos casos, ocorre adaptações de implementos já existentes na unidade de produção, o que pode comprometer os resultados almejados para o sistema.	Oliveira et al., (2019)
<b>Manejo da cama (implantação de um projeto <i>CB</i>)</b>	Durante a concepção do projeto da instalação, deve-se evitar a construção de pilares na região da área de cama, buscando facilitar o manejo, bem como a locomoção do maquinário, assim facilitando o revolvimento do substrato.	Bewley et al., (2012) Damasceno (2020) Caldato et al., (2020)
<b>Manejo da cama (Destino dos dejetos produzidos)</b>	A retirada do material de forma parcial ou total da instalação pode ser vista como uma dificuldade encontrada na propriedade, tendo em vista que o material nas camadas mais profundas fica compactado e, também, existe a necessidade da retirada rápida do material para o retorno dos animais a instalação. Esta operação demanda mão de obra e maquinário especializado.	Damasceno (2020) Caldato et al., (2020)
<b>Manejo da cama (Destino dos dejetos produzidos)</b>	A cama do <i>CB</i> , quando não alocada corretamente, pode gerar danos ambientais no local no qual foi depositada, pois contém elementos de alta toxicidade ao solo, como Fe e Al, o que pode prejudicar o desenvolvimento das culturas, contaminação do solo e de mananciais.	Damasceno (2020) Petzen et al., (2009)

Fonte: O autor, 2023 (Compilado das literaturas mencionadas).

### **3.4. Manejo dos dejetos em sistemas Compost Barn e Free Stall**

Os efluentes fazem parte do resultado da produção de leite, portanto, devem ser manejados a fim de não se tornarem um risco ou um possível poluente na propriedade. Uma boa estratégia de manejo deve ser considerada para aumentar a eficiência do sistema, e mitigar os efeitos produzidos no ambiente. Nos sistemas intensivos de produção, *Compost Barn e Free Stall*, os efluentes e resíduos sólidos podem ser originados em diversos locais, tais como: ordenha, corredor de alimentação e sala de resfriamento. Contudo, esses efluentes podem conter dejetos, água da lavagem das instalações, material de cama e ração, além de resto de leite, detergentes e outros produtos utilizados. Portanto, a composição do efluente é rica em sólidos, nutrientes, matéria orgânica e microrganismos que são capazes de degradar o ambiente que recebe esse rejeito (corpo de água ou solo) (Campos, 2002; Johann, 2010, Damasceno, 2020).

Diversas tecnologias são aplicadas no tratamento de efluentes e resíduos sólidos na bovinocultura de leite em sistemas intensivos como CB e FS, abrangendo desde processos físico-químicos até biológicos. Essas tecnologias podem ser combinadas, contanto que atendam aos requisitos para descarte ou reuso. Estratégias comuns de tratamento de efluentes em unidades intensivas de produção de leite incluem biodigestores, lagoas de armazenamento, filtros biológicos, métodos de fertirrigação e reatores. Para os resíduos sólidos, são empregadas Esterqueiras e Composteiras (Matos, 2005; Von Sperling, 2014; Damasceno, 2020).

## **4. Compost Barn e Free Stall: Qual sistema utilizar?**

A partir da modernização da atividade leiteira busca-se elevar os índices produtivos e reduzir os custos de produção, exigindo dos produtores atualização e flexibilidade quanto as mudanças impostas pelo setor. Neste sentido, a criação de bovinos em sistema de confinamento vem se tornando cada vez mais comum na pecuária leiteira (Damasceno, 2020; Souza et al., 2021). Desde que o sistema seja bem manejado, pode permitir melhorias nos índices produtivos, uma vez que oferece ao animal alimentação adequada e condições favoráveis ao bem-estar (Damasceno, 2020; Souza et al., 2021).

Contudo, a implementação de sistemas intensivos de produção exige maior investimento financeiro, quando comparado ao sistema de criação a pasto. Por outro lado, estudos recentes demonstram que o aumento na produção do rebanho e melhoria na qualidade do leite fazem com que o custo de investimento inicial retorne rapidamente ao produtor (Marcondes et al., 2019; Oliveira et al., 2019; Silva et al., 2019; Damasceno, 2020).

A escolha do sistema de confinamento pode ser feita considerando diferentes aspectos, mas sempre levando em consideração a realidade econômica e tecnológica de cada unidade de produção animal, sendo uma decisão de caráter singular e que deve ser avaliada cuidadosamente caso a caso (Damasceno,2020; Souza et al., 2021).

Na atualidade, uma dúvida recorrente entre os produtores de leite é sobre qual o sistema de confinamento utilizar: *CB* ou *FS*. Neste caso, alguns parâmetros devem ser analisados pelos produtores, como: manejo da cama; manejo de dejetos; sanidade dos animais: conforto térmico para os animais; aspectos sanitários e econômicos.

#### **4.1. Manejo da cama**

Os dois sistemas de produção irão exigir ao produtor o adequado manejo da cama, sendo que no sistema *Compost Barn* o revolvimento da cama é realizado duas vezes ao dia. Desta forma, é necessário a utilização de implementos (subsoladores, escarificadores, enxadas rotativas, grades de discos), desencadeando maior custo ao produtor devido a aquisição e manutenção dos maquinários, consumo de combustível, além dos custos com a aquisição/reposição do material da cama (Radavelli, 2019; Oliveira et al., 2019; Damasceno, 2020).

#### **4.2. Manejo de dejetos**

No sistema de produção *FS*, o manejo e tratamento de resíduos líquidos: efluentes originados no processo de limpeza e das atividades de manejo e ordenha vai exigir do produtor maior atenção, já que maiores quantidades de resíduos líquidos são geradas neste sistema. Deste modo, tem-se a necessidade em construir estruturas de tratamento para estes efluentes maiores e/ou mais robustas (uso de desareadores, por exemplo) (Gay, 2009).

Já no sistema de confinamento *CB*, esse ponto é bem mais simplificado, pois a quantidade de dejetos líquidos que vai para o tratamento é cerca de 30% do total de resíduos gerados. No *CB*, a retirada do material de cama, após compostagem, pode ser vista como uma alternativa rentável e sustentável ao produtor, tendo em vista que o material pode ser incorporado em culturas agrícolas ou vendido como fertilizante, agregando retorno econômico e maior sustentabilidade ao processo (Petzen et al., 2009; Cabalto et al., 2020).

#### 4.3. *Incidência de problemas de casco*

O sistema de confinamento *FS* expõe mais os animais a superfícies de concreto, fato que pode gerar maior incidência de problemas de casco no rebanho confinado. Já no sistema *CB*, como os animais permanecem a maior parte do tempo confinados na área de cama, que tem material mais macio e confortável para os animais, os problemas relacionados aos cascos tendem a ser menores, quando comparado ao *FS* (Eckelkamp et al., 2014; Debs, 2020).

Lobeck et al., (2011), em seus estudos observaram uma menor incidência de problemas de casco em vacas leiteiras confinadas em instalações de *CB* quando comparado ao sistema *FS* (4,4% vs 13,5% respectivamente). Os autores justificam tais valores devido aos animais confinados em sistemas *CB* circularem sobre superfície macia e confortável, resultando, assim, em uma menor proporção de lesões nos cascos dos animais.

Em estudo realizado na Áustria por Burgstaller et al., (2016), foi realizada uma avaliação da prevalência de claudicação e lesões nas patas de animais criados em cinco fazendas que empregavam o sistema *CB* e em cinco fazendas que utilizavam o sistema *Free Stall (FS)*. A premissa subjacente a essa pesquisa era a de que o sistema de *CB* poderia resultar em menores incidências de claudicação e lesões nas patas em comparação com o sistema *FS*. Os resultados do estudo revelaram que a prevalência de claudicação foi relativamente baixa em ambos os sistemas, atingindo 18,7% no sistema *CB* e 14,9% no sistema *FS*.

#### 4.4. *Conforto para os animais alojados*

A cama de areia, frequentemente utilizada no sistema de produção *FS*, é mais abrasiva para a pele do animal do que a cama utilizada no sistema *CB*. Desta forma, os animais alojados em sistema *FS* tendem a apresentar mais lesões na pele, principalmente na área do úbere e jarrete (Cook et al., 2009). O sistema *CB*, proporciona mais liberdade de movimentação aos animais e apresenta maior facilidade para os animais levantarem e deitarem. Como no sistema *CB* não há restrição de movimentação, os animais podem apresentar o comportamento mais próximo ao natural, o que agrega mais conforto e bem-estar aos animais (Pilatti et al., 2018, Damasceno, 2020; Souza et al., 2021; Andrade et al., 2022).

Eckelkamp (2014), ao avaliar dois sistemas de criação de vacas de *FS* e *CB*, observou que os animais confinados no sistema *CB* permaneceram mais tempo deitados quando comparado ao sistema *FS*, expondo valores de  $13,1 \pm 0,5$  h.d<sup>-1</sup> e  $9,6 \pm 0,5$  h.d<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### **4.5. Sanidade dos animais**

O Sistema *FS*, por ter areia como principal material de cama, pode proporcionar maior segurança do ponto de vista microbiológico. A areia não é um material onde as bactérias se desenvolvem bem, o que a torna um material mais seguro para os animais (Cook, 2009; Cecchin et al., 2014).

Já no sistema *CB*, a cama é composta por material de origem orgânica (serragem, maravalha, cascas de café, amendoim e arroz), sendo um ambiente propício para o desenvolvimento de organismos patogênicos, quando manejada de forma inadequada (Damasceno, 2020). Em instalações *CB*, deve-se ter muita atenção com umidade da cama, pois quanto mais alta for a umidade do substrato, maior será o desenvolvimento das bactérias (Janni et al., 2007; Pedrosa et al., 2013).

A cama do sistema de confinamento *CB* tem que ser corretamente manejada, pois depende de microrganismos para que o processo de compostagem ocorra de forma satisfatória. Quando manejada de forma inadequada, pode ocorrer o desenvolvimento de organismo patogênicos, interferindo diretamente na saúde do rebanho. O desenvolvimento de patógenos está diretamente relacionado com a qualidade do manejo da cama, e isso é um grande problema, porque o manejo é complexo e exige muita atenção do produtor (Black et al., 2013; Damasceno, 2020).

Fregonesi e Leaver (2001), destacam que o sistema de *CB* pode estar associado a efeitos adversos em relação à saúde do rebanho devido ao fato de que os animais passam mais tempo deitados, o que expõe o úbere a patógenos ambientais. Em sua comparação entre o sistema *CB* e o sistema *FS*, os autores constataram que o sistema *CB* apresentou escores de higiene e contagem de células somáticas (386.000 e 118.000 células por mililitro de leite, respectivamente) mais elevados do que o sistema *FS*.

#### **4.6. Comparativo econômico**

Brito (2016), afirma que os valores de investimentos no sistema *CB* são inferiores quando comparado ao sistema *FS*. Conforme Damasceno (2012), o sistema *CB* apresenta menores custos de capital quando comparado ao sistema *FS* devido exigir menor quantidade de concreto e divisórias de cama, assim como dispensa estruturas adicionais de tratamento dos resíduos. Gay (2009) em estudos comparativos entre estes dois sistemas, também evidenciou a necessidade de menor investimento por vaca alojada no *CB* em relação ao *FS*. Este último autor destacou a menor necessidade de investimentos em estruturas de armazenamentos de resíduos,

já que grande parte dos dejetos fica armazenados na própria cama, tornando a instalação mais viável economicamente.

## **5. Indicadores de qualidade e produção de leite, reprodutivos e econômicos**

A adesão aos sistemas de confinamento *FS* ou *CB* podem apresentar influências diferenciadas no desempenho de indicadores econômicos, produtivos e reprodutivos em uma Unidade de Produção Animal que devem ser consideradas.

### **5.1. Qualidade do leite**

O leite é um alimento essencial para o desenvolvimento humano, sendo fundamental em todas as fases da vida. Em sua composição química, há presença de compostos orgânicos e inorgânicos, sendo que 87% é água, onde estão dissolvidos o restante dos componentes (em média 3,3% de proteína; 3,8% de gordura; 4,6% de lactose; 13,0% de sólidos totais (ST); sólidos não gordurosos (ESD); 8,7% de vitaminas; e 0,8% de sais minerais) (Muniz et al., 2013; Prado et al., 2016; Embrapa, 2018; Brito et al., 2021).

Para Silva e Veloso (2011), Costa et al. (2017) e Brito et al., (2021), o leite de qualidade deve apresentar nas suas características: sabor agradável, elevado valor nutritivo, ausência de agentes patogênicos e contaminadores. A composição química e a qualidade do leite são fatores fundamentais para indústria de laticínios, uma vez que esses parâmetros influenciam diretamente no rendimento, qualidade e longevidade do produto lácteo. Portanto, as características microbiológicas do leite são consideradas essenciais, atuando como indicadores seguros da sanidade dos animais, de condições de higiene durante o processo da ordenha, além de demonstrar a eficiência do funcionamento do sistema de resfriamento da unidade de produção animal (Silva, Veloso, 2011).

Tronco (2008) e Costa et al., (2017) afirmaram que a qualidade do leite cru pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: higiene da ordenha e utensílios; atividades de manejo; alimentação do rebanho; genética dos animais; armazenamento e transporte do leite; etc. Segundo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) número 76 de 2018, o leite cru refrigerado deve atender os seguintes parâmetros físico-químicos:

- I. Teor mínimo de gordura deve ser de 3,0g/100g;
- II. Proteína total mínimo de 2,9g/100g;
- III. Lactose de 4,3g/100g;

- IV. Sólidos não gordurosos de 8,4g/100g;
- V. Acidez titulável entre 0,14 e 0,18 expressa em gramas de ácido láctico/100 mL.

Ainda no parágrafo I, o artigo 7º diz que o leite cru deve apresentar Contagem Padrão em Placas máxima de 300.000 UFC/mL, e Contagem de Células Somáticas (CCS) máxima de 500.000 CS/mL (BRASIL, 2018).

A CCS é um parâmetro utilizado mundialmente pelas indústrias, produtores e entidades governamentais para o monitoramento da mastite e da avaliação da qualidade do leite em rebanhos de bovinos de leite (Cicconi - Hogan et al., 2013; Augustinho, 2014). Os resultados advindos da CSS são correspondentes as amostras retiradas dos quartos mamários e das amostras do tanque. Para os produtores de leite, os valores referentes à CCS são fundamentais, já que indicam o estado sanitário das glândulas mamárias das vacas leiteiras, podendo sinalizar perdas na produtividade e alteração na qualidade do leite, além de ser um indicativo da presença de mastite no rebanho (Silva, Veloso, 2011).

A mastite é a principal enfermidade que acomete as vacas e interfere diretamente na qualidade do leite, devido ao aumento na contagem das células somáticas. A mastite consiste em um processo inflamatório da glândula mamária decorrente da interação entre animal, agente microbiano e meio ambiente (Freitas et al., 2022). Segundo Brasil (2012), a mastite é considerada umas das principais doenças no rebanho leiteiro, pode causar redução da qualidade do leite (aumento da CCS) e comprometer a concentração de proteína e gordura do leite.

Tendo em vista que a qualidade do leite é diretamente influenciada pela higiene dos animais e as formas de manejo utilizadas no sistema produtivo, no sistema de confinamento *CB*, a cama em compostagem, quando não é manejada de forma adequada, tende a possuir alta carga patógenos. Isso pode ser visto como um problema, pois este material se encontra em constante contato com a superfície das tetas, o que aumenta as chances de infecções (Bewley et al., 2012; Damasceno et al., 2019). Segundo Damasceno (2020), o sistema *CB* oferece potencial para obter uma excelente saúde do úbere, desde que a ordenha e os procedimentos pré e pós-ordenha estejam adequados. Quando bem manejado e com cama seca, o *CB* pode proporcionar redução na CCS, pois as vacas ficam mais limpas.

Bewley et al., (2012) compararam dados de CCS de tanque de refrigeração de algumas pesquisas realizadas no Estados Unidos em três sistemas de confinamento, sendo eles *CB*, *FS* (com cama de areia) e *FS* (com cama de borracha). Os autores observaram que o sistema de confinamento *CB* apresentou as menores médias de CSS, quando comparado com os outros dois sistemas. Sendo que os valores de CCS foi de 252.860 células/ml de leite em *CB* 272.000

células/ml em *Free Stall* com cama de areia e 357.000 células/ml em *Free Stall* com cama de borracha (USDA, 2012).

Em estudo conduzido por Endres et al., (2007) em unidades de produção de leite no EUA que aderiram o sistema *CB*, foram alcançados resultados satisfatórios em relação a redução da CCS nos tanques de refrigeração, sendo que três dos sete rebanhos analisados tiveram uma redução significativa na CCS, quando comparada ao sistema de criação anterior que era o sistema de *Free Stall*. Já em relação a taxa de infecção por mastite, foi observado redução de 12% nos rebanhos analisados.

Black et al., (2013), em seus estudos em unidades de produção de leite nos Estados Unidos, observou que com a implementação do sistema *CB* houve redução da CSS (411.000 para 275.000 células/ml), quando comparado ao sistema anterior (*FS*). Segundo os autores, os animais confinados em sistema *CB* apresentaram menor sujidade de úbere, o que contribuiu para as menores médias de CCS, proporcionando assim melhorias na qualidade do leite. Portanto, é plausível salientar que é necessário realizar o manejo cama de forma adequada, de modo a evitar o excesso de umidade e, conseqüentemente, aumento da sujidade do úbere.

Biasato et al., (2019) em seus estudos buscando analisar o efeito comparativo de dois sistemas de produção de leite, sendo eles *FS* e o *CB*, em relação à qualidade do leite, a pesquisa revelou que os animais criados no segundo sistema (*FS*) apresentaram vantagens significativas. Comparativamente ao sistema *CB*, o leite dos animais do sistema *FS* demonstrou um teor de gordura mais elevado (*FS*:  $4,04 \pm 0,11\%$  vs. *CB*:  $3,54 \pm 0,12\%$ ). Além disso, o sistema *FS* registrou uma contagem de células somáticas (CCS) mais baixa (*FS*: 310.000 células/ml vs. *CB*: 425.000 células/ml), bem como uma menor contagem bacteriana total (CBT) (*FS*: 21.500 UFC/ml vs. *CB*: 35.000 UFC/ml). Também se observou uma menor presença de coliformes no queijo produzido no sistema *FS* (*FS*: 20.000 UFC/ml vs. *CB*: 32.500 UFC/ml) ( $p < 0,05$ ).

## **5.2. Produção de leite**

Damasceno (2012) e Black et al., (2013) afirmam que o tipo de alojamento utilizado para o confinamento de bovinos leiteiros exerce influência direta na produtividade do rebanho. Tal fato vem sendo reforçado por alguns estudos de cunho científicos, que evidenciaram melhorias produtivas dos animais confinados em sistemas *CB*.

Bewley et al., (2012), em seus estudos em 12 unidades de produção animal no estado de Kentucky (USA) verificaram que houve aumento de produtividade de leite de animais que estavam confinados no sistema *FS* e foram transferidos para o sistema *CB*. O aumento

observado pelos autores por animal foi de aproximadamente 0,8 kg dia<sup>-1</sup>. Em outro estudo Black et al., (2013), realizando estudos em sete fazendas no estado de Kentucky, observaram aumento de 1.7 kg de leite por vaca, após a adesão ao sistema *CB*.

Marcondes et al., (2019) avaliaram as características produtivas de unidades de produção de leite que migraram de um sistema de confinamento semi-intensivo para instalações *CB* abertas, e compararam com fazendas semelhantes que não mudaram seu sistema de criação, todas localizadas na região da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. Os autores observaram que, nas propriedades com instalações *CB* abertas foi obtido aumento de 13,3% da produção de leite por vaca, quando comparadas com as fazendas que utilizavam o sistema semi-intensivo. Diante destes resultados, concluíram que, possivelmente, estão associados às melhores condições ambientais e ao maior conforto térmico proporcionados aos animais nas instalações *CB* abertas.

Brito (2016), em estudos envolvendo o custo de implantação do sistema *CB* em duas fazendas de produção de leite no estado de Minas Gerais, verificou que houve aumento na produção diária de leite. O estudo foi realizado no período de março de 2014 a fevereiro de 2016, e foi verificado que na fazenda 1 houve aumento de 73% (produção diária aumentou de 1.310 litros por dia para 2.270 litros diários em 24 meses de pesquisa). Em outra fazenda (fazenda 2), observou-se aumento de 42% nos primeiros 12 meses após implantação do sistema *CB*. Segundo o autor, o aumento da produtividade pode estar interligado com a melhoria das condições de conforto e bem-estar dos animais e com possíveis melhorias na saúde da glândula mamária, ocasionando redução da CCS.

### **5.3. Reprodução**

A reprodução é um dos fatores biológicos que afeta de forma significativa a economia da criação de bovinos leiteiros. Se a reprodução não for eficiente, haverá queda nos índices de produção de leite (Ferreira, 2016). Segundo Brito (2016) e Ferreira (2016), a diferença entre o aumento da produção de leite e a diminuição da fertilidade em bovinos leiteiros de alta produção é um fator que tem sido vivenciado por produtores de leite em todo o mundo.

A reprodução de vacas leiteiras depende de diversos fatores, tais como: nutricionais, genéticos, fisiológicos, condições de confinamento, formas de manejo etc. (Hafez; Hafez, 2004). Porém, cabe aqui destacar que um fator que também poderá vir a interferir nos índices reprodutivos de uma unidade de produção animal é o estresse térmico (Ferreira, 2016).

De acordo com Baêta e Souza (2010), quando ocorre o aumento da temperatura, o animal necessita eliminar energia de forma direta, buscando reduzir a sensação de calor

excessivo e tentar manter o equilíbrio térmico interno. Desta forma, bovinos leiteiros sob estresse ou tensão térmica precisam realizar ajustes fisiológicos para manter a homeotermia. Um dos meios para se realizar esta adaptação fisiológica é o aumento do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, fato que é crítico para vacas prenhas, pois acarreta menor fluxo de sangue aos órgãos internos, reduzindo trocas de temperatura do útero com o sangue para ser dissipado ao ambiente, condição que pode provocar aborto natural das fêmeas em gestação. Esta diminuição do volume sanguíneo faz com que uma menor quantidade de hormônios atinja as células alvo e esteja disponível para concretizar a atividade reprodutiva como um todo.

Ealy et al., (1995), Wolfenson et al., (2000) e Ferreira (2016) salientam que o aumento da temperatura corporal, desencadeando o estresse térmico em bovinos leiteiros, tem repercussões adversas diretas na função celular. Isso pode resultar na redução do percentual de embriões capazes de completar seu desenvolvimento com êxito.

Na literatura científica, alguns trabalhos evidenciaram aumento dos índices reprodutivos com a adesão do sistema de confinamento *CB*. Black et al., (2013), em seus estudos avaliando a gestão, desempenho do rebanho e satisfação do produtor de leite com a implementação de instalações de *CB* em 42 fazendas no estado Americano Kentucky, verificaram melhorias nos índices reprodutivos do rebanho. Segundo o estudo, observou-se uma redução do intervalo de partos (IP) de 14,3 para 13,7 meses, redução dos dias ao primeiro serviço de 104,1 para 85,3, e aumento da taxa de serviço de 42,0 para 48,7%.

Os autores constataram melhorias nos indicadores reprodutivos dos período antes e durante a transição para o sistema *CB*, incluindo intervalo entre partos ( $14,3 \pm 0,1$  vs.  $13,7 \pm 0,1$  meses, respectivamente;  $p < 0,05$ ), dias para primeiro serviço ( $104,1 \pm 3,0$  vs.  $85,3 \pm 3,0$  dias, respectivamente;  $p < 0,05$ ), dias em aberto ( $173,0 \pm 3,5$  vs.  $153,4 \pm 3,4$  dias, respectivamente;  $p < 0,05$ ), e aumento na percentagem deaios ( $42,0\% \pm 2,6\%$  vs.  $48,7\% \pm 2,5\%$ , respectivamente;  $p < 0,05$ ). Segundo os autores, o aumento do conforto animal foi o principal fator que contribuiu para melhoria dos indicadores reprodutivos, por permitir uma mobilidade dos animais.

Phillips e Sheffield (1994) destacaram que as vacas leiteiras confinadas no sistema *CB* demonstraram um comportamento de estro mais eficiente. Elas exibiram uma maior propensão a cheirar e lambe a área genital (0,3 vs. 0,2 incidências por 30 minutos) e realizaram menos montas mal-sucedidas (0,4 vs. 0,5 incidências por 30 minutos), quando comparadas às vacas alojadas no sistema *FS*. De acordo com os autores, a melhoria das condições da cama proporcionou um ambiente mais saudável, o que, por sua vez, resultou em melhores desempenhos reprodutivos.

Contudo, Barberg et al., (2007), em um estudo avaliando desempenho e bem-estar de vacas leiteiras confinadas no sistema *CB* em 12 unidades de produção animal no estado americano de Minnesota, observaram que o desempenho reprodutivo dos animais que se encontravam confinados aumentou significativamente para quatro dos sete rebanhos analisados, com 25,9% e 34,5% de melhoria nas taxas de detecção de cio e prenhez, respectivamente. Para os autores, no sistema *CB* os animais tendem a apresentar melhor saúde dos cascos, o que possibilita que expressem o cio de forma mais evidente.

Após a adesão do sistema *CB*, Brito (2016), verificou aumento na taxa de prenhez e de observação de cio em duas fazendas de produção de leite no estado de Minas Gerais. Na fazenda 1, foi observado melhorias de 21,0 % e 49,0% nas taxas de detecção de cio e taxas de prenhez, respectivamente. Já na fazenda 2 as médias foram 39,7% e 17,5% (detecção de cio x prenhez). Segundo o autor, o aumento destas médias pode estar relacionado ao fato que as vacas se sentem mais confortáveis sobre a cama de compostagem. Debs (2020) afirma que toda a melhoria na parte reprodutiva em uma unidade de produção de leite pode beneficiar o produtor em ganhos econômicos e zootécnicos.

#### **5.4. Indicadores econômicos**

Marcondes et al., (2019), ao avaliarem o impacto técnico econômico da migração do sistema semiconfinamento para o *CB* em 18 unidades de produção animal localizadas na região da Zona da Mata (MG), verificaram que houve aumento da produtividade de leite em 3,2 L/Vaca em Lactação/dia após um ano da implementação do sistema *CB*, evidenciando melhorias nos indicadores econômicos das unidades de produção que implantaram este sistema de confinamento.

Os indicadores econômicos utilizados pelos autores foram produção de leite por área, estoque de capital médio por litro produzido, lucratividade operacional, renda bruta e líquida obtida na atividade que apresentaram saldo positivo nas propriedades que migraram para o sistema *CB*, demonstrando que os empreendimentos aumentaram em escala de produção. O aumento da produtividade diária de leite estava associado ao aumento do rebanho, intensificação do sistema como um todo. As propriedades que migraram para o sistema de confinamento *CB* conseguiram uma maior produção por área, tornando o uso da terra mais eficiente e sustentável (Marcondes et al., 2019).

Segundo Nascif (2010), aumentar a eficiência e uso da terra em sistemas de produção de leite pode ser visto como uma alternativa economicamente viável e atrativa. Por meio da

adesão de sistemas de confinamento, o produtor poderá disponibilizar parte da área que utilizava para a produção leiteira para outras atividades, aumentando, portanto, a eficiência de uso da terra. Marcondes et al., (2019) concluíram em seu estudo que a implantação de instalações *CB* pode trazer resultados econômicos promissores para os empreendimentos leiteiros que aderem a este sistema, mas coloca em pauta que é necessário que ocorra análises econômicas individualizadas, levando em consideração as particularidades de cada unidade de produção animal.

Silva et al., (2019), também conduziu estudos de comparação da rentabilidade de sistemas de produção de leite em quatro sistemas de confinamento (dois *CB* e dois *FS*), no estado de Minas Gerais. Os autores verificaram que as margens de lucros bruto e líquido não foram influenciadas pelo sistema de confinamento, obtendo indicadores econômicos favoráveis em ambos os sistemas de produção. Os autores evidenciam que, pelo fato dos indicadores econômicos Custo Operacional Total (COT) e Custo Operacional Efetivo (COE) não apresentarem diferenças expressivas ante o sistema de produção utilizado, os fatores relacionados ao manejo diário e a disponibilidade de materiais de cama são parâmetros que devem ser levados em consideração na escolha entre os sistemas de criação.

## **6. Considerações finais**

A escolha do tipo ideal de sistema de confinamento a ser adotado vai depender da realidade econômica e tecnológica de cada unidade de produção animal. Desta forma, o processo de escolha é um fator íntimo a cada unidade de produção, visto que as necessidades, objetivos e restrições, são fatores específicos. Sendo assim, o processo de tomada de decisão deve ser feito juntamente com profissional qualificado, o qual irá ajudar a elencar as principais vantagens e desvantagens para as condições existentes.

Independente do sistema a ser escolhido, o desempenho satisfatório vai depender da forma que ele é utilizado e, principalmente, do manejo adotado e dos animais que forem alocados nesta instalação. No entanto, o planejamento antecede as implementações de sistemas de confinamento, devendo-se levar em consideração questões como a tipologia construtiva, controle das condições climáticas no interior da instalação, custo efetivo relacionados a adesão das instalações, bem como a disponibilidade e qualidade de material de cama que podem ser parâmetros para o sucesso de um sistema intensivo.

Contudo, a adesão do sistema *Compost Barn* em unidades de produção de leite vêm crescendo exponencialmente e têm despertado bastante interesse na comunidade científica. De

acordo com o demonstrado pela revisão da literatura, têm sido observadas melhorias na qualidade do leite e da produtividade eficiência reprodutiva, quando comparada aos sistemas de semi-confinamento ou semi-intensivo. Comparativamente ao sistema *Free Stall*, o resultado depende, sobretudo, do bom manejo de ambos, sendo que são duas opções interessantes para a bovinocultura leiteira brasileira, muito embora a questão dos resíduos gerados e da sustentabilidade geral da atividade tenda favoravelmente para o sistema *Compost Barn*.

Como limitações importantes que devem ser evidenciadas para o sistema *CB*, tem-se que, para obtenção de desempenho satisfatório, é imprescindível que a cama seja bem manejada e reposta de forma frequente, com revolvimento diário desta, o que implica na adde implementos e maquinários.

É necessário verificar a disponibilidade de material substrato da cama, assim como a sua qualidade, o que pode ser visto como preocupação para os produtores que aderem a este sistema. No entanto, as vantagens relacionadas a grande redução do consumo de água, aproveitamento da cama como fonte de renda adicional, o bom desempenho produtivo, reprodutivo, sanidade dos animais, questões relacionadas ao bem-estar e conforto animal podem ser vistas como preponderantes em relação ao sistema *FS*.

## Referências

ANDRADE, R.R. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas *Compost Barn* fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 2021. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

ANDRADE, R.R.; SOUZA, C.F.; BAETA, F. C. Instalações para bovinocultura leiteira – *free stall, tie stall, loose housing e compost barn*. **Revista Brasileira de Buiatria** Vol.3, Número 2-9, 2022.

ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; FREITAS, L.C.S.R.; FERREIRA, C.F.S.; BARBARI, M.; BAPTISTA, F.J.F.; COELHO, D.J.R. Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. **Journal of Thermal Biology**, v.23, p.103111, 2021. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103111.

ARAÚJO, A. P. de. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo B, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica**. 2001. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

AUGUSTINHO, E. A. S. **A importância do leite**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Curso de Farmácia. Associação paranaense de criadores de Bovinos da raça holandesa. Paraná, 2014.

BACKER, J.; BATTYE, W. H.; ROBARGE, W.; ARYA, S. P.; ANEJA, V. P. Modeling and measurements of ammonia from poultry operations: Their emissions, transport, and deposition in the Chesapeake Bay. **Science of The Total Environment**, v. 706, p. 135290, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135290>.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações Rurais: conforto térmico animal**. Viçosa, MG: UFV, p.246, 2010.

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

BARROS, R. A. **Produção familiar de leite e de saber: a extensão rural no controle da mastite e qualidade do leite na APA Coqueiral, MG**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras MG. 2011.

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**, p.21, 2012.

BEWLEY, J.M.; ROBERTSON, L.M.; ECKELKAMP, E.A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.10418–10431, 2017. DOI: 10.3168/jds.2017-13251.

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, p.1142–1153, 2019. DOI: 10.1080/1828051X.2019.1623095.

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, p.8060–8074, 2013. DOI: 10.3168/jds.2013-6778.

BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY, G.B.; DAMASCENO, F.A.; NEWMAN, M.C.; AKERS, K.A.; WOOD, C.L.; MCQUERRY, K.J.; BEWLEY, J.M. The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.2669–2679, 2014. DOI: 10.3168/jds.2013-6779.

BLOWEY, R.W. **Factors affecting milk quality**. In: ANDREWS, A.H.; BLOWEY, R.W.; BOYD, H (Ed). *Bovine Medicine. Diseases and husbandry of cattle*. Blackwell, Oxford. 1992. p. 329-334. doi.org/10.1002/9780470752401.ch28.

BORSHCH, A.A.; RUBAN, S.; BORSHCH, A. V; BABENKO, O. Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. **Polish Journal of Natural Sciences**, v.34, p.19–31, 2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos **Resolução CNRH nº 54**, de 28 de novembro 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, v. 3, n. 1, p. 31, 28 nov. 2005b.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos **Resolução CNRH nº 121**, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução nº54/2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente **Resolução CONAMA nº. 357/2005**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2005a.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 62. 2011**. Disponível em: < <https://www.apcbrh.com.br/>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 7**, de 03 de maio de 2016. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 84, p. 18, 03 de mai. 2016. Seção 1.

BRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1990. 453p.

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora MG, 2016.

BRITO, M.A.; BRITO, J.R.; ARCURI, E.; LANGE, C.; SILVA, M.; SOUZA, G. Composição. Agronegócio do Leite. **Agência de Informação da Embrapa**, 2021.

BUDZIAK, CRISTIANE R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, ANTONIO S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

CALDATO, E.M.R.; CALDATO, A.; MARCONDES, M.I.; ROTTA, P.P. **Manual técnico de construção e manejo de Compost Barn para vacas leiteiras**. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 2020. 50p.

CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426- 438, mar./abr. 2002.

CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426- 438, mar./abr. 2002.

CAMPOS, A. T., KLOSOWSKI, E. S., SANTOS, W. B. R., GASPARINO, E. & CAMPOS, A. T. 2004. Caracterização do microambiente em secção transversal de um galpão do tipo " free-stall" orientado na direção norte-sul. **Engenharia Agrícola**, 24, 1-8.

CAMPOS, A.T.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A.T. **Construções para gado de leite: Instalações para Novilhas**, 2006. Disponível em:<<http://www.infobibos.com/artigos/zootecnia/constleite/index.htm>>.Acessado em:30/11/2022.

CECCHIN, D. **Comportamento de vacas leiteiras confinadas em *Free Stall*, com camas de areias e borrachas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

CECCHIN, D., CAMPOS, A. T., PIRES, M. F. A., LIMA, R. R., YANAGI JUNIOR, T. SOUZA, M. C. M. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo *free-stall*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18, 109-115. 2014.

CECCHIN, D.; CAMPOS, A.T.; PIRES, M.F.A.; LIMA, R.R.; YANAGI JÚNIOR, T.; SOUZA, M.C.M. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo free-stall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.109-115, 2014. DOI: 10.1590/S1415-43662014000100014

CICCONI-HOGAN KM; GAMROTH M; RICHERT R; RUEGG PL, STIGLBAUER KE, SCHUKKEN YH. Associations of risk factors with somatic cell count in bulk tank milk on organic and conventional dairy farms in the United States. **Journal Dairy Science.**, v.96, n.6, p.3689–702, 2013.

COELHO, E. **Metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres**. 2000. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

COOK, N. B. Free-stall Design for Maximum Cow Comfort. **WCDS Advances in Dairy Technology**, v. 21, p. 255-268, 2009.

COSTA, H. N., MOLINA, L. R., LAGE, C. F. A., MALACCO, V. M. R., FACURY FILHO, E. J. & CARVALHO, A. Ú. Estimativa das perdas de produção leiteira em vacas mestiças Holandês x Zebu com mastite subclínica baseada em duas metodologias de análise. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 69, 579-586. 2017.

COSTA, M. J. R. P.; SILVA, L. C. M. **Boas práticas no manejo: Bezerros leiteiros**. 1. ed., Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51p

COTTA, J.A.O.; CARVALHO, N.L.C.; BRUM, T.S.; REZENDE, M.O.O. Compostagem versus vermicompostagem: Comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.20, p.65–78, 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020000111864.

DAMASCENO, F. A. **Compost Barn como alternativa para a pecuária leiteira**. 1. ed. Divinópolis: Adelante, 2020. 379p.

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-MG, 2012

DAMASCENO, F. A.; MONGE, J. L.; NASCIMENTO, J. A. C.; ANDRADE, R. R.; BARBARI, M.; SARAZ, J. A. O.; FERRAZ, G. A. S. Estimate of manure present in compost dairy barn systems for sizing of manure storage. **Agronomy Research** 18(S2), 1213-1219, 2020.

DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, C.E.A.; FERRAZ, G.A.S.; NASCIMENTO, J.A.C.; BARBARI, M.; FERRAZ, P.F.P. Spatial distribution of thermal variables, acoustics and lighting in compost dairy barn with climate control system. **Agronomy Research**, v.17, p.385–395, 2019.

DAMASCENO, F.A.; TARABA, J.L.; DAY, G.B.; A. O. VEGA, F.; S. O. ROCHA, K.; BLACK, R.A.; BEWLEY, J.M.; E. A. OLIVEIRA, C.; BARBARI, M. 3D CFD Analysis of Natural Ventilation in Reduced Scale Model of Compost Bedded Pack Barn for Dairy Cows. **Applied Sciences**, v.10, p.8112, 2020. DOI: 10.3390/app10228112.

DIAS, R. O.S. **Efeito das afecções de casco sobre o comportamento no estro e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras** (Doutorado em Reprodução Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

DO BRASIL, GOVERNO. **Mastite bovina: controle e prevenção**. Boletim Técnico. n. 93, p. 1-30, 2012.

DUQUE, A. C. A.; SÁVIA, J. S.; BORGES, A. L. C.; SILVA, R. R. Água, o nutriente essencial para vacas em lactação. **Veterinária Notícias**. v.18, n. 1, p.6-12, 2012.

EALY, A. D.; HOWELL, J. L.; MONTERROSO, V. H. Developmental changes in sensitivity of bovine embryos to heat shock and use of antioxidants as thermoprotectants. **Journal of Animal Science**, v. 73, p.1401-1407, 1995.

EBERHART, R. J. Coliform mastitis. **Veterinary Clinical North American Large Animal Practice**, v.6, n.2, p.287-300, 1984.

ECKELKAMP, E. A.; GRAVATTE, C. N.; COOMBS, C. O.; BEWLEY, J. M. 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, n.1, 109-113, 2014.

ECKELKAMP, E.A.; TARABA, J.L.; AKERS, K.A.; HARMON, R.J.; BEWLEY, J.M. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v.190, p.35–42, 2016. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.05.017.

EDUCAPOINT. Pisos no *Free-Stall*: uma questão de segurança. 2018. Disponível em: <https://www.educapoint.com.br/v2/blog/pecuaria-leite/pisos-no-free-stall/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 7º Dia de Campo do Leite: da Pesquisa para o Produtor, DOCUMENTOS 464. Editores técnicos. – Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2020: Leite de vacas felizes**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>>. Acesso em: 05 Out. 2022.

FAVERO, S.; PORTILHO, F.V.R.; OLIVEIRA, A.C.R.; LANGONI, H.; PANTOJA, J.C.F. Longitudinal trends and associations between Compost Bedding Characteristics and bedding bacterial concentrations. **Journal of Agricultural Science**, v.7, p.58–70, 2015. DOI: 10.5539/jas.v7n10p58.

FERRAZ, P.F.P.; FERRAZ, G.A. E S.; LESO, L.; KLOPČIČ, M.; BARBARI, M.; ROSSI, G. 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, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente: Para Aves, suínos e bovinos**. Aprenda Fácil Editora: 3ed, Viçosa, MG, 2016.

FIORI, M.G.S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de com postagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v.5, p.178–191, 2008.

FONSECA, M.D. A. M. **Dinâmica da mastite e saúde do úbere de vacas leiteiras em sistema Compost Barn em condições tropicais**. 62 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras MG, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Dairy market review: emerging trends and outlook 2022**. (2022). Disponível em: <<https://www.fao.org/3/cc3418en/cc3418en.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2023.

FREGONESI, J. A.; TUCKER, C. B.; WEARY, D. M. Overstocking reduces lying time in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3349-3354, 2007.

FREGONESI, J. A.; LEAVER, J. D. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2-3, p. 205-216, 2001.

GALAMA, P.J.; OUWELTJES, W.; ENDRES, M.I.; SPRECHER, J.R.; LESO, L.; KUIPERS, A.; KLOPČIČ, M. Symposium review: Future of housing for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.103, p.5759–5772, 2020. DOI: 10.3168/JDS.2019-17214.

GAY, S. W. Bedded-pack Dairy Barns. **Virginia Cooperative Extension**, p. 442-124, 2009.

HENZEL, M. E. **Análise de resíduos, como mecanismo de auxílio à redução de impactos ambientais: um estudo de caso em abatedouro**. Santa Maria: UFSM, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2022. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em 01 de Fev de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2021. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em 01 de JUL de 2023.

JANNI, K.A.; ENDRES, M.I.; RENEAU, J.K.; SCHOPER, W.W. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v.23, p.97–102, 2007. DOI: 10.13031/2013.22333.

JOHANN, A. S. T. **Desenvolvimento de Tecnologia Alternativa para Tratamento de Efluente da Limpeza dos Currais de Gado Leiteiro**. 2010. 109p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Toledo.

KAPPES, R.; KNOB, D.A.; THALER, A.; ALESSIO, D.R.M.; RODRIGUES, W.B.; SCHOLZ, A.M.; BONOTTO, R. 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.

KLAAS, I.C.; BJERG, B.S.; FRIEDMANN, S.; BAR, D. Cultivated barns for dairy cows - An option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark? **Dansk Veterinærtidsskrift**, v.93, p.20–29, 2010.

LAZZARINI, B.; BAUDRACCO, J.; TUÑÓN, G.; GASTALDI, L.; LYONS, N.; QUATTROCHI, H.; LOPEZ-VILLALOBOS, N. Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. **Applied Animal Science**, v.35, p.426–432, 2019. DOI: 10.15232/aas.2019-01842.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M.A.; DAMASCENO, F.A.; GALAMA, P.; TARABA, J.L.; KUIPERS, A. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.103, p.1072–1099, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-16864.

LESO, L.; CONTI, L.; ROSSI, G.; BARBARI, M. Criteria of design for deconstruction applied to dairy cows housing: A case study in Italy. **Agronomy Research**, v.16, p.794–805, 2018. DOI: 10.15159/AR.18.085.

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, p.574–581, 2019. DOI: 10.15159/AR.19.107.

LESO, L.; UBERTI, M.; MORSHED, W.; BARBARI, M. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v.44, p.120–124, 2013. DOI: 10.4081/jae. 2013.e17.

LIAO, W.; LIU, C.; JIA, S.; XIE, J.; GAO, Z. Comparing NH<sub>3</sub> emissions under different cattle housing conditions in cold regions in China with an inverse dispersion technique. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 301, p. 108355, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108355>.

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, p.5469–5479, 2011. DOI: 10.3168/jds.2011-4363.

LOVARELLI, D.; FINZI, A.; MATTACHINI, G.; RIVA, E. A survey of dairy cattle behavior in different barns in Northern Italy. **Animals**, v.10, p.713, 2020. DOI: 10.3390/ani10040713.

MALACARNE, R. **Diretrizes de qualidade para a produção de leite em propriedades rurais no oeste do estado do Paraná** / Rosane Malacarne. – Curitiba, 2017.

MALEK, C. B., SANTOS, M. V. **Estratégia para redução de células somáticas no leite. In: Requisitos de qualidade na bovinocultura leiteira**

MALTHUS, N. Composting barns to allay public fears. **Dairy News**. Rural News Group. 2017.

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. **Animals**, v. 14, n. 2, p. 399-408, 2019.

MARTINS, J. D.; NICOLAU, E. S.; MESQUITA, A. J. DE ; JARDIM, E. A. G. DA V. Subclinical mastitis in dairy cattle rural properties Goiás. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 9, n. 2, p.206-214, 2015.

MATOS, A.T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. In: Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005.

MAYO, L.M.; SILVIA, W.J.; RAY, D.L.; JONES, B.W.; STONE, A.E.; TSAI, I.C.; CLARK, J.D.; BEWLEY, J.M.; HEERSCHHE, G. Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.102, p.2645–2656, 2019.

MCFARLAND, D.F. **Steps to improving existing free stalls**. In: Proceedings of 9th Annual Spring Clinic Pennsylvania Veterinary Medical Association. State College, 2008. p.1-6.

MEE, J.; BOYLE, L. Assessing whether dairy cow welfare is “better” in pasture-based than in confinement-based management systems. **New Zealand Veterinary Journal**, v.68, p.168–177, 2020. DOI: 10.1080/00480169.2020.1721034.

MILANI, A. P.; SOUZA, F. A. de. Granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto - SP. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 30, n. 4, p. 742-752, 2010.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta **COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental. 2008

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; MELO, E. A. R.; AMARAL, C. P. R.; ABREU, L. R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **PUBVET**, v. 11, p. 424-537, 2017.

MUNIZ, L. C.; MADRUGA, S.W.; ARAÚJO, L. C. Consumo de leite e derivados entre adultos e idosos no Sul do Brasil: um estudo de base populacional. **Ciência & Saúde Coletiva**. V. 18, p. 3515-3522, 2013.

MWPS-7. **Dairy Freestall Housing and Equipment**, 7th ed. Ames, Iowa: MidWest Plan Service. 2000.

NASCIF, C. **Análise de Indicadores Técnicos e Econômicos para Identificar Indicadores-Referência de Sistemas de Produção de Leite em Quatro Mesorregiões do Estado de Minas Gerais**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

OFNER-SCHRÖCK, E.; ZÄHNER, M.; HUBER, G.; GULDIMANN, K.; GUGGENBERGER, T.; GASTEINER, J. Compost barns for dairy cows - Aspects of animal welfare. **Open Journal of Animal Sciences**, v.05, p.124–131, 2015. DOI: 10.4236/ojas.2015.52015.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C.E.A. **Distribuição espacial e temporal de variáveis ambientais e da cama em Compost Barn aberto em condições de inverno no Brasil**. 2021.180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Viçosa.

OLIVEIRA, C.E.A.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; NASCIMENTO, J.A.C.; VEGA, F.A.O.; TITÔCO, I.F.F.; ANDRADE, R.R. Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.93, p.20200384, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120200384 a.

OLIVEIRA, C.E.A.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; NASCIMENTO, J.A.C.; VEGA, F.A.O.; TITÔCO, I.F.F.; ANDRADE, R.R. Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.93, p.20200384, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120200384.

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

OLIVEIRA, L. F.T.; SILVA, S. P. **Mudanças Institucionais e Produção Familiar na Cadeia Produtiva do Leite no Oeste Catarinense**. RESR, Piracicaba-SP, Vol. 50, Nº 4, p. 705-720, 2012.

OLIVEIRA, V.C.; DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, C.E.A.; FERRAZ, P.F.P.; FERRAZ, G.A.S.; SARAZ, J.A.O. Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais: Architectural and technological characterization. **Agronomy Research**, v.17, p.2016–2028, 2019b. DOI: 10.15159/AR.19.179.

PASQUALI, L. **Composição gravimétrica de resíduos sólidos recicláveis domiciliares no meio rural de Chopinzinho** – PR. Dissertação (Mestrado) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional. Pato Branco/PR. 68p. 2012.

PEDROSA, T.D.; FARIAS, C.A.; PEREIRA, R.A.; FARIAS, E.T.R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, v.1, p.44–48, 2013. DOI: 10.31413/NATIVA.V1I1.1335.

PELISSARI, C. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construído de escoamento subsuperficial**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D.J.; CRUZ, V.F.; SOUZA, S.R.L.; LIMA, K.A.O.; MENDES, A.S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v.39, p.1492–1498, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000094.

PETZEN, J.; WOLFANGER, C.; BONHOTAL, J.; SCHWARZ, M.; TERRY, T.; YOUNGERS, N. **Case study: Eagleview compost dairy barn Cornell Cooperative Extension of Wyoming County** New York, 2009. Disponível em: <<https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/44658/Eagleview.pdf?sequence=2&is>>. Acesso em: 13 dez. 2022.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C.; RANKRAPE, F.; VISMARA, E. S. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animals**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2018.

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, p.97–105, 2017. DOI: 10.31893/2318-1265jabb.v5n3p97-105.

PRADO, R. M., PAULIN, M. F., PRADO, I. N., SANTOS, G. T., BENCHAAAR, C. & PETITI, H., V. Milk yield, milk composition, and hepatic lipid metabolism in transition dairy cows fed flaxseed or linola. **Journal of Dairy Science**, 99. 2016.

RADAVELLI, W.M.; DANIELI, B.; ZOTTI, M.L.A.N.; GOMES, F.J.; ENDRES, M.I.; SCHOGOR, A.L.B. Compost barns in Brazilian Subtropical region (Part 1): facility, barn management and herd characteristics. **Research, Society and Development**, v.9, p.1–22, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5198.

RADAVELLI, M. W. **Caracterização do sistema Compost Barn em regiões subtropicais brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó- SC. 2019.

RAMOS, M. C. **Análise da viabilidade econômica na produção de leite em sistemas de confinamento Free – Stall**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SABBAG, O. J.; COSTA, S. M. A. L. Análise de custos da produção de leite: aplicação do método de Monte Carlo. **Extensão Rural**, v. 22, n. 1, p. 125-145, 2015.

SAISHU, N.; MORIMOTO, K.; YAMASATO, H.; OZAKI, H.; MURASE, T. Characterization of *Aerococcus viridans* isolated from milk samples from cows with mastitis and manure samples. **Journal of Veterinary Medical Science**, v.77, p.1037–1042, 2015. DOI: 10.1292/jvms.15-0100.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: Impactos, políticas públicas e desafios**. 1. ed. Rio de Janeiro: IPEA, 2012. 46 p.

SANTOS, S. J.; SANTOS, E. L.; SANTOS, E. L.; BARBOSA, J. H.; JUNIOR, D. A. P.; CONCEIÇÃO, E. P. Construção de um biodigestor caseiro como uma tecnologia acessível a suinocultores da agricultura familiar. **Pubvet**, v. 11, p. 207-312, 2016.

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, p.465–473, 2010.

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, p.465–473, 2010.

SILANO, C.; SANTOS, M. V. Você sabe o que é um Compost Barn? **Revista Leite Integral**, v.46, p.40–43, 2012.

SILVA, E. M.; ROSTON, D. M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 30, n. 1, p. 67- 73, jan.- fev., 2010.

SILVA, G. R. O. **Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite em compost barn e free stall: um comparativo**. 58 P. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SILVA, G. R., M. A. LOPES, A. L. R. LIMA, G. M. COSTA, F. A. DAMASCENO, V. P. BARROS, AND M. BARBARI. 2019. Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: A comparison. **Seminars Ciências Agrárias**. 40:1165–1184. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1165>.

SILVA, J. C. P. M.; VELOSO, C. M. **Manejo para maior qualidade do leite**. 1. ed. Viçosa: Centro de Produções Técnicas e Editora Ltda. Aprenda Fácil, 2011. v. 1. 181p.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEAU, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2485- 2492, 2019.

SINGH, A.; KUMARI, T.; RAJPUT, M.; BAISHYA, A.; BHATT, N.; ROY, S. Review on effect of bedding material on production, reproduction and health of dairy animals. **International Journal of Livestock Research**, p.1, 2020. DOI: 10.5455/ijlr.20200207073618.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do clima do Brasil 1970-2019**. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/seeg-8-analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-metas-de-clima-brasil-1970-2019/>>. Acesso em: 05 MAIO. 2021.

SOARES, A. A. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn***: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos - PR, 2018.

SOUZA, C.F.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; SARTOR, V.; PAULA, M.O. **Unidades para produção animal – UPAs: Planejamento e projeto**. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 2021. 125p.

TEIXEIRA, J. C.; HESPANHOL, A. N. A trajetória da pecuária bovina brasileira. *Caderno Prudentino de Geografia*, v. 1, n. 36, p. 26-38, 2014.

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J. Crescimento da Agropecuária e Sustentabilidade Ambiental. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. p. 89-113.

TRONCO, V.M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. 3ed. Santa Maria: UFSM, P. 206, 2008.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, L.G. (Ed.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: **Escrituras**, 1999. cap.5, p.153-194.

USDA 2009 e 2012: U.S. Department of Agriculture, National Agriculture Statistics Service (March 2009). **Milk Cows and Production Estimates 2003**-Retrieved 2011-01-30.

VALENTE, D.A.; SOUZA, C.F.; ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; SOUSA, F.C.; ROSSI, G. Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v.18, p.1547–1555, 2020. DOI 10.15159/AR.20.103.

VILELA, D. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista Política da Agricultura**, n. 1, 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos; Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 1, 452 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 43. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014

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

WANG, X., LU, X., LI, F., & YANG, G. Effects of temperature and carbon-nitrogen (C/N) ratio on the performance of anaerobic co-digestion of dairy manure, chicken manure and rice straw: focusing on ammonia inhibition. *Plosone*, v.9, n. 5, e97265, 2014.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat stressed cattle: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, v.61, p.535-547, 2000.

WOODFORD, K., ROBERTS, A.; MANNING., M. Dairy composting barns can improve productivity, enhance cow welfare and reduce environmental footprint: A synthesis of current knowledge and research needs. In: *Farm environmental planning – Science, policy and practice*. (Eds. L.D. Currie and C.L. Christensen). Occasional Report No. 31. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand. 6 pages. 2.

ZANATO, J. A. F. **Produção e qualidade do biogás gerado com os dejetos de diferentes espécies animais**. 2014. 112 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2014.

ZANIN, E.; HENRIQUE, D. S.; FLUCK, A. C. Avaliação de equações para estimar o consumo de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 18, n. 1, p. 76–88, 2017.

## AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE ATIVIDADES REALIZADAS EM SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE

**RESUMO:** O Brasil apresenta um crescimento anual acima da média mundial e figura como um dos principais produtores de leite do mundo. Nesse contexto, o setor leiteiro tem buscado estratégias para se manter competitivo no mercado nacional e internacional, sendo que uma dessas estratégias é a preocupação com a saúde, o bem-estar e as condições de trabalho dos colaboradores envolvidos no processo produtivo. No entanto, há escassez de informações disponíveis sobre a forma como os trabalhadores desempenham suas atividades nesta cadeia produtiva. Diante deste cenário, o estudo da ergonomia se torna uma ferramenta imprescindível. A ergonomia engloba um conjunto de ciências e tecnologias que visam garantir uma adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu ambiente de trabalho. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar o ambiente de trabalho e as atividades desempenhadas em uma unidade de produção de leite que utiliza diferentes sistemas de confinamento, como o *Compost Barn (CB)* e o *Free Stall (FS)*. O estudo incluiu a análise ergonômica do trabalho com base nas normas regulamentadoras e diretrizes do Ministério do Trabalho e Emprego. Foram avaliadas as condições térmicas do ambiente de trabalho, incluindo as médias temperatura de bulbo seco do ar ( $t_{bs}$ ) e umidade relativa (UR%), bem como os níveis de ruído e iluminação, em todos os setores da Unidade de Produção Animal. Além disso, realizou-se uma avaliação biomecânica e análise postural dos colaboradores que atuam nos sistemas mencionados. Foi aplicado um questionário semiestruturado no intuito de diagnosticar o perfil dos trabalhadores. Com base nas diretrizes do Ministério do Trabalho e Emprego, foram propostas medidas para minimizar ou eliminar os riscos identificados na UPA. Essas medidas visam não apenas garantir a segurança dos trabalhadores, mas também melhorar a eficiência e o bem-estar no ambiente de trabalho, contribuindo assim para a competitividade do setor leiteiro no Brasil. Em relação às condições ambientais, as salas de ordenha do Sistema *FS* apresentaram as maiores médias de temperatura, enquanto os interiores das instalações *CB* e *FS* ofereceram condições termicamente mais favoráveis. A qualidade do ar foi considerada aceitável, evidenciando concentrações seguras de Amônia ( $NH_3$ ) e monóxido de carbono (CO) durante o período experimental. No que diz respeito aos níveis de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), observou-se que permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA, com exceção do interior da instalação *CB*, onde foram registradas médias de 1250 ppm no horário das 05 horas. Os níveis de ruídos em todos os ambientes estudados estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela NR 15 (2004), com a fábrica de ração registrando as médias mais elevadas como valores médios de

76,3 dB. Já os valores de luminância em todos os ambientes mantiveram-se dentro dos limites recomendados pela NBR - 5413. Na avaliação biomecânica, as forças de compressão no disco L5/S1 em todas as atividades analisadas ficaram abaixo do limite de 3.400 N. Os dados obtidos a partir da Análise dos Componentes Principais (ACP) demonstraram uma correlação significativa entre as atividades estudadas e a redução das chances de lesões nas articulações do joelho, tornozelo e quadril. Além disso, observou-se uma diminuição nos esforços de compressão no disco intervertebral L5/S1

**Palavras-chave:** Ambiência. Bem-estar animal. Sistemas de confinamento. Produção de leite intensiva. Bovinocultura de leiteira.

### **ERGONOMIC ASSESSMENT ACTIVITIES CARRIED OUT IN INTENSIVE MILK PRODUCTION SYSTEMS**

**ABSTRACT:** Brazil presents annual growth above the world average and is one of the main milk producers in the world. In this context, the dairy sector has sought strategies to remain competitive in the national and international market, and one of these strategies is concern for the health, well-being and working conditions of employees involved in the production process. However, there is a lack of information available on how workers perform their activities in this production chain. Given this scenario, the study of ergonomics becomes an essential tool. Ergonomics encompasses a set of sciences and technologies that aim to ensure a comfortable and productive adaptation between human beings and their work environment. Therefore, this research aimed to characterize the work environment and activities performed in a milk production unit that uses different confinement systems, such as the *Compost Barn (CB)* and the *Free Stall (FS)*. The study included ergonomic analysis of work based on regulatory standards and guidelines from the Ministry of Labor and Employment. The thermal conditions of the working environment were evaluated, including average air temperature and relative humidity, as well as noise and lighting levels, in all sectors of the Animal Production Unit. In addition, a biomechanical assessment and postural analysis were carried out on employees working on the mentioned systems. A semi-structured questionnaire was applied in order to diagnose the workers' profile. Based on guidelines from the Ministry of Labor and Employment, measures were proposed to minimize or eliminate the risks identified in the UPA. These measures aim not only to guarantee the safety of workers, but also to improve efficiency and well-being in the work environment, thus contributing to the competitiveness of the dairy sector in Brazil. Based on the data collected, it was observed that most employees in the dairy sector,

reaching 78%, are satisfied, mainly due to the agreement between working hours and their family and domestic responsibilities. In relation to environmental conditions, the *FS* System milking parlors presented the highest temperature averages, while inside the *CB* and *FS* facilities they offered more favorable thermal conditions. The air quality was considered acceptable, showing safe concentrations of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) and carbon monoxide ( $\text{CO}$ ) during the experimental period. About carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) levels, it was observed that they remained within the limits established by ANVISA, with the exception of the interior of the *CB* facility, which recorded averages of 1250 ppm at 5 am. Noise levels in all environments studied were below the limits established by NR 15 (2004), with the feed factory recording the highest averages (76,3 dB). The luminance values in all environments remained within the limits recommended by NBR - 5413. In the biomechanical evaluation, the compression forces on the L5/S1 disc in all analyzed activities were below the limit of 3.400,0 N. The data Referring to principal component analysis (PCA) evidenced a significant correlation between these activities and a reduction in the chances of injuries to the knee, ankle and hip joints, as well as a decrease in compression efforts on the L5/S1 disc.

**Keywords:** Ambience. Animal welfare. Confinement systems. Intensive milk production. Dairy cattle farming.

## 1. Introdução

A bovinocultura de leite configura como uma das principais atividades econômicas no setor agropecuário Brasileiro, destacadamente pelo crescimento em níveis exponenciais entre os anos de 1974 e 2022, passando o volume produzido de 7,1 para mais de 34,8 milhões de litros de leite (IBGE, 2023), o que consagrou o Brasil como como sexto maior produtor mundial de leite bovino (FAO, 2023).

A evolução da produtividade nacional está vinculada às melhorias no sistema e no manejo dos animais, adoção de novas tecnologias no processo produtivo e aos progressos em relação a genética e nutrição (Hostiou et al., 2012; Oliveira; Gasques, 2019; Damasceno, 2020; Andrade et al., 2021; Souza et al., 2021; Oliveira et al., 2021; Andrade et al., 2022; Oliveira et al., 2023). Por outro lado, a produtividade brasileira de leite ainda é baixa quando comparada com a média de outros países produtores, por falta de tecnificação, incentivos e investimentos (Andrade, 2021; Souza et al., 2021; Oliveira et al., 2021; Oliveira et al., 2023).

Nessa perspectiva, diversos elementos podem estar correlacionados com a baixa produção de leite, destacando-se, entre eles, a dimensão da propriedade como fator

significativo. Propriedades de menor extensão frequentemente demonstram uma menor adesão a avanços tecnológicos, resultando em jornadas de trabalho mais extensas e sobrecargas físicas mais elevadas. Estas condições, por sua vez, podem acarretar riscos à saúde e conforto dos colaboradores que integram a Unidade de Produção Animal (Kolstrup, 2012; Sraïri et al., 2013; Abrahão et al., 2015; Ulbricht et al., 2014; Hostiou et al., 2015; Oliveira et al., 2017).

O ambiente de trabalho nas Unidades de produção de leite, tanto nas pequenas quanto nas grandes propriedades, carece de regulamentação específica em relação às suas instalações físicas. Isso significa que não existe um controle adequado dos riscos ocupacionais associados a esses ambientes. Em vista disso, a implementação de um programa de ergonomia, juntamente com eventuais adaptações nas atividades, alinhadas às diretrizes de segurança no trabalho estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, emerge como uma abordagem fundamental para mitigar tais situações (Carvalho, 2015; Evangelista, 2011; Ulbricht et al., 2014; Takeda et al., 2016; Ribas; Michaloski et al., 2017; Oliveira, 2018; Kofler et al., 2019; Soranso et al., 2021; Schettino et al., 2021; Camargo et al., 2021; ).

No âmbito da pecuária leiteira, o estudo e aplicação da ergonomia apresenta-se como uma ferramenta fundamental. Suas contribuições potenciais são manifestas no refinamento da organização do trabalho, na otimização dos processos de produção e da saúde dos trabalhadores durante a execução de suas atividades laborais. A aplicação de princípios ergonômicos não apenas visa à eficiência operacional, mas também atua como um alicerce para a promoção de ambientes de trabalho seguros e sustentáveis, mitigando riscos ocupacionais e fomentando o bem-estar dos profissionais envolvidos na pecuária leiteira (Ulbricht et al., 2014; Oliveira, 2018; Soranso et al., 2023).

A ergonomia constitui um campo do conhecimento capaz de fornecer elementos que facilitam a avaliação dos riscos inerentes a determinadas atividades laborais (Wisner, 1994; Grandjean, 1998; IEA, 2000; Weerdmeester, 1995; Iida, 2005; Couto, 2014; Schettino e Minette, 2019).

Nesse sentido, em razão dos riscos associados à atividade leiteira, torna-se essencial caracterizar a situação laboral dos trabalhadores com o intuito de reduzir os riscos inerentes à atividade e aprimorar a qualidade de vida dos profissionais envolvidos no setor (Ulbricht et al., 2014; Oliveira, 2018). Tendo em vista a importância econômica da bovinocultura leiteira no cenário agropecuário brasileiro, nota-se escassez de pesquisas que envolvem saúde, conforto e bem-estar dos colaboradores da produção de leite.

Com isso, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar o ambiente de trabalho e as atividades desempenhadas em dois sistemas intensivos de produção de leite, *Compost Barn (CB)* e *Free Stall (FS)*, sob ótica da análise ergonômica do trabalho e das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como nível socioeconômico dos trabalhadores.

Buscou-se ainda avaliar o perfil socioeconômico e sociocultural dos colaboradores na Unidade de Produção Animal, analisar fatores ergonômicos e ambientais (térmicos, acústicos e de iluminação). Ademais, foi realizada a avaliação biomecânica e postural dos colaboradores. Procurou-se avaliar o impacto desses fatores na saúde e segurança nos setores de produção de leite, identificando articulações suscetíveis a lesões por meio de uma técnica denominada Análise de Componentes Principais (ACP). Por fim, foram elaboradas as propostas para minimizar riscos para esses colaboradores, considerando as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Etapas da Pesquisa**

A Unidade de Produção Animal (UPA) escolhida para a pesquisa está localizada na região da Zona da Mata Mineira e apresenta sistemas intensivos de confinamento *CB* e *FS* característicos do país. A pesquisa foi conduzida em uma fazenda exclusiva para a produção de leite visando avaliar as principais etapas diárias do processo produtivo: ordenha, manejo diário das atividades (limpeza dos sistemas, operação de conjunto mecanizado, manejo sanitário dos animais, condução dos animais até a ordenha, manejo da ordenha e manejo da cama no sistema *CB*).

A análise ergonômica ocorreu com base na observação *in loco* de dez funcionários. Estes desempenhavam distintas atividades nos sistemas de produção de leite *CB* e *FS*. O processo de coleta de dados ocorreu em duas etapas entre janeiro e abril de 2023.

Na primeira etapa, foram realizadas visitas iniciais à propriedade para caracterizar o ambiente de trabalho, observar as atividades desempenhadas e levantar informações sobre o perfil socioeconômico e cultural dos colaboradores da UPA. Para isso, foi elaborado um questionário semiestruturado que abordou os seguintes dados dos colaboradores: idade, gênero, nível de escolaridade, condições gerais de trabalho, saúde, alimentação e aspectos relacionados à segurança durante a execução de suas tarefas diárias. Além dessas informações, também foram incluídas perguntas sobre as características da propriedade, tais como: tipo de sistema de

produção adotado, tamanho da propriedade e rebanho, número de animais ordenhados, volume de produção, entre outros aspectos relacionados ao contexto de trabalho e às dificuldades enfrentadas no setor (Apêndice 1).

A aplicação dos questionários foi feita de forma individualizada, durante os intervalos das atividades laborais, de modo a não comprometer as atividades desempenhadas pelos colaboradores, mantendo a rotina habitual de trabalho. Na segunda etapa, foi aplicada a metodologia de Análise Ergonômica do Trabalho (AET), na qual foram conduzidas as coletas das variáveis ergonômicas (posturas, luminância e ruído), climáticas (temperatura do ar, velocidade do ar e umidade relativa do ar) e aéreas (gases).

A formulação das recomendações fundamentou-se no diagnóstico da adequação ou inadequação dos postos de trabalho, considerando as possíveis necessidades de adaptação ou reorganização das atividades laborais etc. (Guérin et al., 2001; Iida, 2004; Shettino e Minette, 2019).

## **2.2. Infraestrutura da Unidade de Produção**

O Trabalho foi realizado em uma Unidade de Produção de Leite localizada na mesorregião da Zona da Mata Mineira. O clima da região é caracterizado com Cwa – subtropical mesotérmico, com inverno seco e frio e verão chuvoso e quente, conforme classificação climática de Köppen (Sá Júnior et al., 2012, Oliveira et al., 2022).

A Fazenda apresenta como atividade principal a produção de leite. De maneira simplificada, a infraestrutura relativa ao setor leiteiro é composta por uma instalação de semiconfinamento, onde são mantidas as novilhas, duas instalações *Compost Barn (CB)*, com capacidade total para 120 animais; três instalações de confinamento modelo *Free Stall (FS)* com capacidade total para 140 animais.

Para realização da investigação das atividades desempenhadas pelos colaboradores da unidade de produção de leite, foram estudadas duas instalações, sendo um sistema *CB* e outra sistema *FS*, além da fábrica de ração, e as atividades de operação realizadas com conjunto mecanizado.

### **2.2.1. Caracterização da instalação *Compost Barn***

A instalação onde foi realizada a pesquisa foi construída em julho de 2019, possui orientação Sudeste – Noroeste, suas características construtivas são 60,0 m de comprimento; 27,6 m de largura; 5,0 m de pé-direito; 2,2 m de beiral; pilares de concreto armado (33 pilares);

telhado de duas águas em estrutura metálica, coberto por telhas metálicas (inclinação de 22 %) e com a presença de lanternim; área de cama (14,4 x 60,0 m); corredor de alimentação (4,2 x 60,0 m), com piso de concreto vazado pista de trato (4,6 x 60,0 m), com piso de concreto liso; corredor de serviço (2,2 x 39,0 m), com piso de concreto maciço liso; comedouro contínuo trapezoidal (revestido por cerâmica), distribuído ao longo de todo comprimento do galpão no corredor de alimentação; quatro bebedouros basculantes instalados nas muretas opostas ao comedouro (0,5 x 2,0 m).

O sistema de ventilação adotado é por pressão positiva, fornecida por meio de seis ventiladores de baixo volume e alta rotação, dispostos a 3,0 m de altura em relação a cama e inclinados a 45°. Durante todo o período experimental os ventiladores do sistema *CB* foram mantidos ligados sem interrupções.

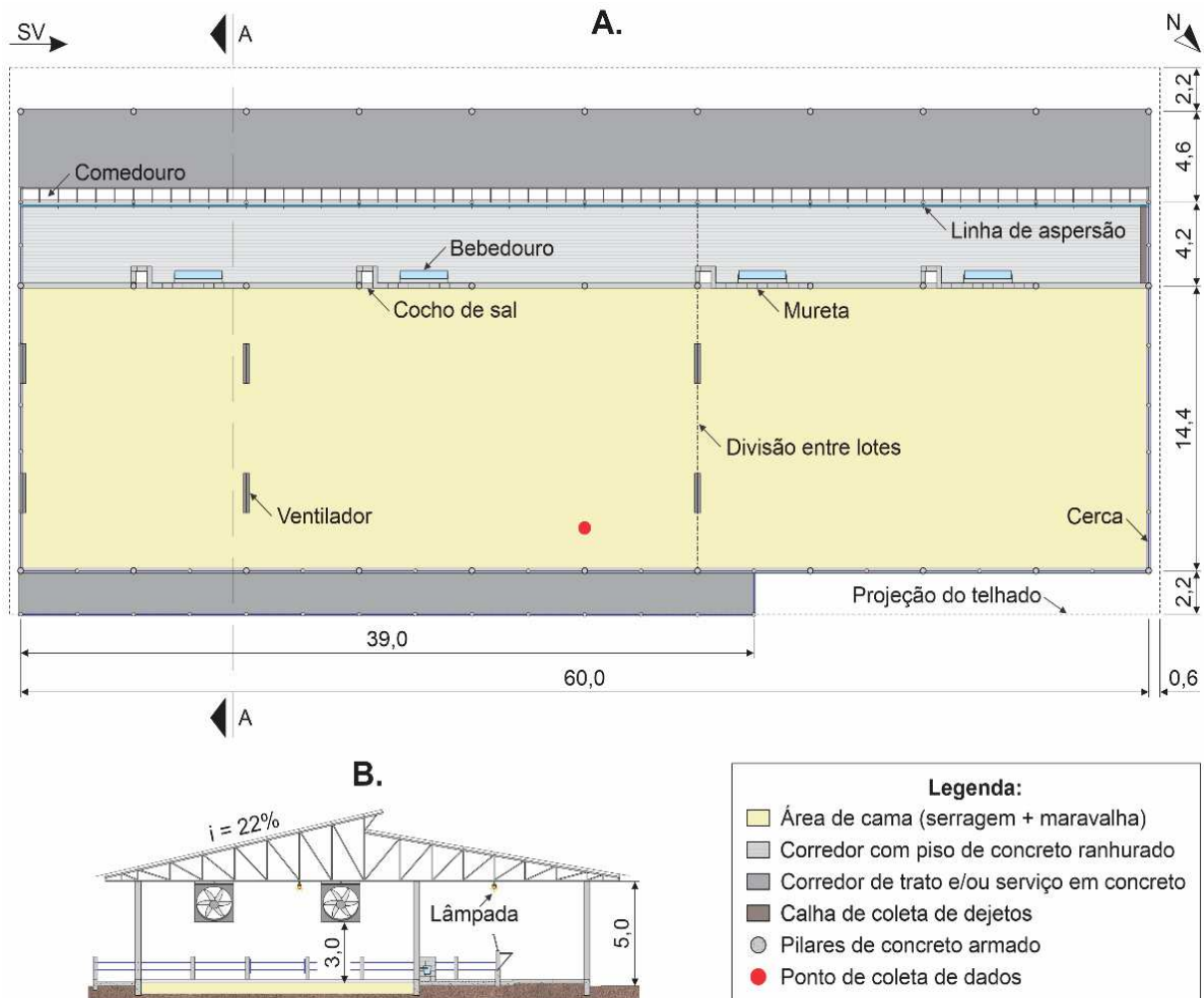
O sistema de iluminação no interior da instalação é composto por dezoito lâmpadas de tecnologia LED, cada uma com potência de 100 watts. Essas encontravam-se estrategicamente posicionadas a uma altura de 4,8 m acima da cama, distribuindo-se equitativamente ao longo do espaço designado (nove concentradas na região central da área de repouso e outras nove delimitando a fronteira entre o corredor e a pista de alimentação). O sistema de iluminação era ativado durante o período noturno, compreendido entre 18h00min e 06h00min.

A área de cama da instalação *CB* é separada do corredor de alimentação com mureta de concreto de 0,2 m de altura para a contenção do material de cama. Os corredores de alimentação, de serviço e a pista de trato apresentam piso concretado e frisado. Na Figura 1 estão ilustradas as características da instalação descrita.

O material utilizado como substrato cama no sistema *CB* foi composto por maravalha e serragem de madeira, dispostas em proporções iguais. A composição inicial da cama envolveu a adição de uma camada de serragem seca com 0,3 metros de espessura. Essa camada, em conjunto com as fezes e urina depositadas pelos animais, deu início ao processo de semi-compostagem. A reposição deste material com substrato seco era realizada sempre que a umidade da cama atingia níveis elevados, uma condição observada quando ocorria acúmulo excessivo de resíduos pelos animais, compactação excessiva e a consequente instauração de um ambiente anaeróbico no composto.

O revolvimento da cama era realizado duas vezes ao dia (05h30min e 16h30min) quando os animais estavam sendo ordenhados, com uma duração média de quinze minutos. Neste processo utilizava-se um escarificador acoplado a um rolo destorroador (hastes, 2,0 m de

largura, 0,5 m de profundidade máxima) tracionado por um trator (John Deere®, modelo 5078 E, 78 cv).



**Figura 1.** Representação esquemática da instalação *Compost-Bedded Pack Barn* onde foi realizado o experimento: **(a)** Planta Baixa e **(b)** Corte Transversal.  $i$  – inclinação do telhado; cotas em metros (m). Fonte: Oliveira et al., (2022).

No interior da instalação *CB*, estavam confinadas 100 vacas holandesas (puro por origem, peso médio de 600 kg, em fase de lactação), distribuídas em dois lotes, de acordo com a produtividade de leite por animal. As vacas mais produtivas ficavam no lote 1 e as de menor produção no lote 2.

Durante o período de coleta de dados, a ordenha ocorria duas vezes ao dia, sendo a primeira às 05h30min com a entrada do primeiro lote e o segundo lote iniciava às 06h40min e finalizando às 08h30min, com uma duração média de aproximadamente 03 horas para ordenha de todo o rebanho.

O modelo da sala de ordenha adotado era do tipo "espinha de peixe" 2x6, onde os animais eram posicionados em duas linhas paralelas de seis animais cada, dispostas frente a frente e alinhadas ao fosso. A ordenha ocorria seguindo a ordem de chegada dos animais. A sala de ordenha tinha dimensões de 7,40 metros de comprimento por 9,20 metros de largura, com um fosso com altura de 0,9 metros. Para garantir a segurança e evitar escorregões no fosso, o piso era revestido com material emborrachado.

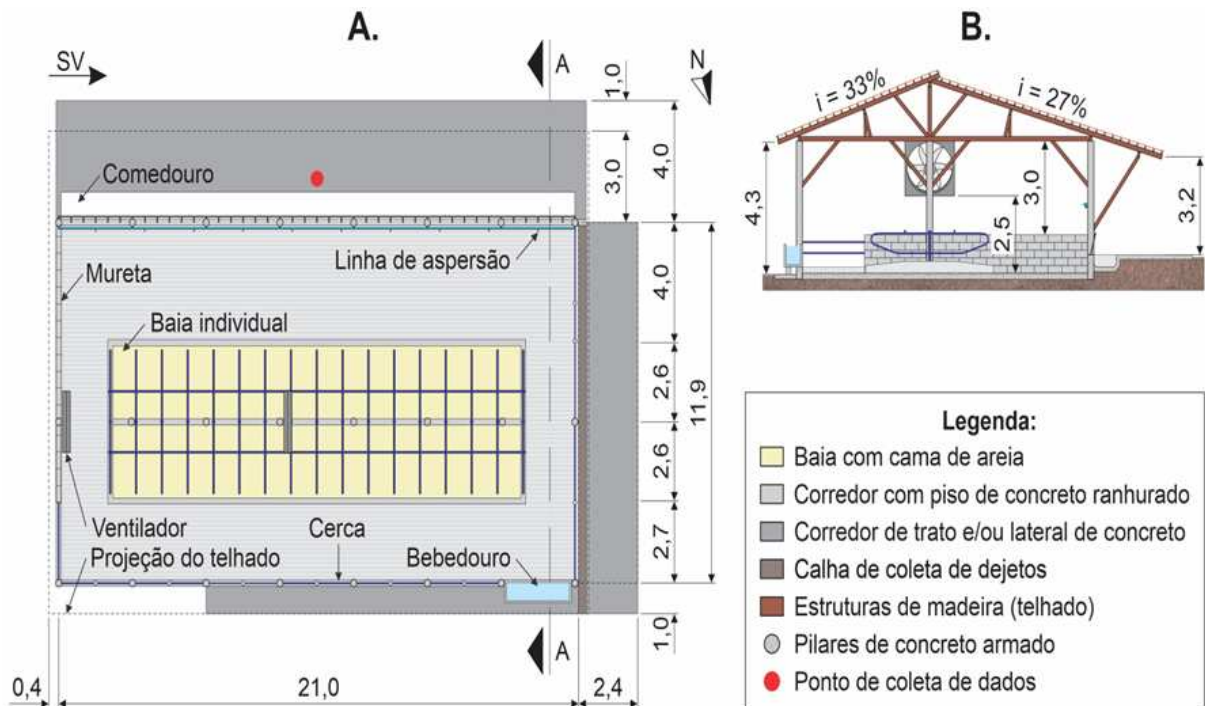
A sala de ordenha era iluminada por três lâmpadas LED de 100W. Essas lâmpadas eram ligadas pela manhã, das 05h00min às 07h00min, e posteriormente reativadas às 17h00min, permanecendo acesas até o término da limpeza da segunda ordenha, por volta das 21h00min.

Sempre, antes de iniciar a ordenha o teste do caneco de fundo preto era realizado, em todas as tetas dos animais, visando detectar possíveis casos de mastite. Em caso de diagnóstico positivo, o animal era excluído do processo de ordenha. Durante o período de ordenha, procedia-se à higienização do úbere dos animais, utilizando o *pré-dipping*. A retirada do produto era efetuada com o auxílio de duas toalhas de papel descartáveis para cada teta. Após a ordenha, para garantir uma vedação eficaz das tetas, empregava-se o *pós-dipping*.

Após a finalização do processo de ordenha, os animais eram reconduzidos para a instalação. A limpeza da sala da ordenha era realizada pelo mesmo colaborador responsável pela ordenha, com tempo médio de 01h40min para realização da tarefa. Para todo o processo de produção no sistema *CB* havia dois funcionários fixos responsáveis pela ordenha, limpeza da sala de ordenha e revolvimento de cama dos sistemas. Outros dois funcionários rotativos atuavam na limpeza das instalações (raspagem) e na alimentação dos animais.

### 2.2.2. Caracterização da instalação *Free Stall*

O outro sistema de confinamento estudado foi o *Free Stall*, construído no ano de 1995. Suas características construtivas são: orientação Norte-Sul, 21,0 m de comprimento; 11,9 m de largura; 4,3 m de pé-direito; 3,2 m de beiral; pilares de madeira (27 pilares); telhado de telha cerâmica com 33% de inclinação a esquerda, 27% a direita; pista de trato (4,0 x 21,0 m), com piso de concreto ripado; contem 32 baias (2,5 x 1,2), com cama de areia; comedouro contínuo trapezoidal (revestido por cerâmica), distribuído ao longo de todo comprimento do galpão no corredor; ainda continha um bebedouro de formato retangular (2,5 x 0,8 m). Na Figura 2 estão ilustradas as características da instalação descrita.



**Figura 2.** Representação esquemática da instalação *Free Stall* onde foi realizado o experimento: **(a)** Planta Baixa e **(b)** Corte Transversal. *i*–inclinação do telhado; cotas em metros (m).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O sistema de ventilação da instalação era realizado por pressão positiva, fornecida por meio de dois ventiladores de alto volume e baixa rotação – HVLS de 3 hélices (1,52 de diâmetro cv de potência e  $86,86000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  de vazão de ar). Estes estavam alocados na segunda e terceira linha dos pilares da instalação. Salienta-se que, durante o período experimental, esses equipamentos permaneciam ligados somente durante  $10 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$ , (08h00min às 17h00min).

O sistema de iluminação do interior da instalação era composto por duas lâmpadas de LED 100W, dispostas nas extremidades das instalações. Durante o período de coleta de dados, o sistema de iluminação era acionado somente no período noturno entre 18h00min às 05h00min. Os animais confinados no interior da instalação *FS*, 142 vacas holandesas (puro por origem, peso médio de 600 kg, em fase de lactação), foram distribuídas em três lotes de acordo com a produtividade de leite por animal. As vacas mais produtivas ficavam no lote 1 e as de menor produção nos lotes 2 e 3.

Durante o período de coleta de dados, a ordenha no sistema *FS* acontecia duas vezes ao dia, sendo que a primeira se iniciava às 03h30min com a entrada do primeiro lote. A entrada do segundo lote acontecia por volta das 04h40min e o processo de ordenha era finalizado aproximadamente às 06h30min, com uma duração média de aproximadamente 03h00min. O

processo de limpeza da sala de ordenha, incluindo utensílios e equipamentos, tinha uma duração aproximada de 01h40min.

O modelo de ordenha adotado é conhecido como "espinha de peixe", no qual os animais são posicionados em duas fileiras paralelas, frente a frente e alinhadas ao fosso, totalizando duas linhas de seis animais cada. A ordenha mecânica segue o método de linha média, utilizando quatro conjuntos de ordenha, e ocorre de acordo com a ordem de chegada dos animais. As dimensões da sala de ordenha são de 6,70 metros de comprimento por 5,70 metros de largura, com um fosso de 0,9 metros de profundidade e posicionado na linha central e no sentido do comprimento da sala.

Na sala de ordenha havia 2 lâmpadas LED 100W, as quais eram ligadas no período da manhã entre os horários 05h00min a 07h00min, posteriormente, religadas as 17h00min, permanecendo ligadas até o final da limpeza da segunda ordenha, que se encerrava por volta das 19h00min.

Durante o período da ordenha, acontecia a higienização do úbere de forma similar ao sistema *CB*. Após a finalização deste processo os animais eram reconduzidos para instalação *FS*, e se iniciava o processo de limpeza da sala de ordenha. No Sistema *FS* a limpeza ocorria em dois horários distintos sendo eles: 04h:30 min a 06:30 h (período da manhã) e entre as 13h00min as 15h30min (período da tarde), este processo era realizado por dois colaboradores.

A reposição do material de cama no sistema *FS* era realizada nas terças e quintas feiras (duas vezes na semana). O material utilizado para a reposição era areia e esta acontecia sempre no período da manhã, entre 06h00min e 12h00min, sendo realizada por um funcionário. O processo de produção no sistema *FS*, contava com cinco funcionários fixos, responsáveis pela ordenha, limpeza das salas de ordenhas e manutenção da cama, e mais dois funcionários rotativos, que atuavam na limpeza das instalações (raspagem), além de outro que auxiliava no trato dos animais.

### **2.3. Principais atividades desempenhadas nos galpões Compost Barn e Free Stall e na Fábrica de Ração**

Neste estudo, foram consideradas como principais atividades e respectivas posturas adotadas pelos colaboradores, incluindo as operações de ordenha em cada sistema, atividades relacionadas ao manejo (limpeza, alimentação, cuidado com os animais), o uso de conjuntos mecanizados e a classificação das tarefas realizadas na fábrica de ração.

#### **2.3.1. Atividades da ordenha dos sistemas *CB* e *FS***

No processo de ordenha dos animais, as atividades desempenhadas pelos colaboradores seguiam protocolo pré-definido pela empresa. Inicialmente, os animais eram conduzidos à sala de ordenha pelo colaborador responsável. Logo após, ocorria a etapa de pré-ordenha, que envolvia a higienização das tetas das vacas, com duração média de 30 min para cada lote de animais. Depois da higienização, os conjuntos de ordenha eram instalados nos animais. Todo processo de ordenha dos animais acontecia com uma duração aproximada de 03h00min, para os respectivos sistemas *CB* e *FS*.

Após a ordenha, o procedimento de limpeza da sala era realizada por dois colaboradores, com uma duração média de 01h40min para a conclusão desta etapa. Durante esse procedimento eram empregadas vassouras para a higienização das paredes, buchas e baldes para a limpeza dos utensílios, bem como água em mangueira para enxague do material ensaboadado. Os conjuntos de ordenha e demais equipamentos utilizados durante o procedimento de ordenha passavam por um rigoroso protocolo de desmontagem, enxágue e, posteriormente, eram submetidos a um processo de desinfecção após cada utilização, em ambas as instalações.

### 2.3.2. Atividades relacionadas à limpeza e manejo nos sistemas *CB* e *FS*

As atividades atribuídas à limpeza e manejo nos sistemas *CB* e *FS* estão relacionadas à manutenção da higiene e ao bom funcionamento desses sistemas. Desta forma, os colaboradores executavam as seguintes atividades:

- **Limpeza e raspagem do corredor de alimentação no sistema *CB***

Estas atividades implicavam na remoção de resíduos do corredor pelo qual os animais se deslocavam para se alimentar. Os colaboradores utilizavam um rodo raspador com peso estimado de 3,5 kg. Essa atividade tinha uma duração média de 01h20min, com pausas durante a atividade que duravam, em média, de 10 a 15 minutos. A raspagem ocorria no sistema *CB*, abrangendo o galpão de pré-parto, o galpão de novilhas e o interior da instalação *CB*.

- **Limpeza da pista de alimentação nos sistemas *CB* e *FS***

Esta atividade de limpeza era realizada diariamente, ocorrendo duas vezes ao dia, às 07h00min e às 15h00min, em ambos os sistemas, sendo a incumbência de um único colaborador. O processo de limpeza envolvia o uso de uma vassoura e tinha uma duração média de aproximadamente 40 a 50 minutos no sistema *CB*. No sistema *FS*, a duração era inferior à

do sistema *CB*, com uma média de 35 a 45 minutos, intercalados por pausas que totalizavam, em média, 7 minutos.

▪ **Limpeza dos bebedouros no sistema *FS***

A higienização e manutenção dos bebedouros eram efetuadas regularmente, ocorrendo aproximadamente duas vezes por semana. Durante o procedimento de limpeza, o colaborador esvaziava o bebedouro, iniciava a higienização com auxílio de uma bucha e, posteriormente, realizava o enxague do material ensaboado por meio de uma mangueira. A atividade geralmente durava de 30 a 40 minutos., com pausas que, somadas, totalizavam cerca de 5 minutos.

2.3.4. Reposição de areia do sistema *FS*

A reposição de areia ocorria aproximadamente duas vezes por semana e era realizada por um único colaborador. Um cavalo tracionava uma carroça contendo areia utilizada. O processo de reposição envolvia o uso de uma pá, que pesava 1,5 kg, mas que chegava a pesar 4,0 kg quando carregada de areia.

A atividade consistia em carregar a carroça, descarregar a areia e, posteriormente, distribuir a areia nas baias. No geral, a atividade durava de 03:00 h, com pausas que totalizavam cerca de 25 minutos. Durante esses intervalos, os colaboradores aproveitavam para beber água, fumar e interagir com funcionários de outros setores.

2.3.5. Manejo dos animais nos sistemas *CB* e *FS*

No que diz respeito ao manejo dos animais nos sistemas *CB* e *FS*, foram consideradas práticas fundamentais para a manutenção dos sistemas, desempenhadas pelos colaboradores da UPA, como o casqueamento, vacinação e alimentação dos bezerros. Desta forma, durante o processo de casqueamento dos animais, o colaborador promovia a contenção do animal por meio de um tronco de contenção, assegurando, assim, a segurança tanto do bovino quanto do funcionário envolvido na execução da tarefa. Precedendo o casqueamento, o funcionário realizava uma avaliação do estado dos cascos, identificando potenciais irregularidades, como excesso de crescimento, rachaduras ou lesões.

Já durante a execução do casqueamento, eram empregadas ferramentas específicas, tais como alicate de casco ou faca especializada, com o intuito de realizar o corte adequado. Enquanto o procedimento transcorria, o profissional adotava uma postura agachada, dedicando-

se à remoção das áreas comprometidas nos cascos. Essas práticas foram realizadas de forma individualizada pelo ordenhador de cada sistema de produção.

No que se refere ao processo de vacinação, conforme visualizada durante o período de coleta de dados, adotava-se predominantemente a via intramuscular (IM), seguindo padrão convencional no rebanho. A prática de vacinação, contudo, carecia de contenção adequada dos animais, podendo expor o colaborador a situações inerentemente perigosas, como coices, pisoteios e cabeçadas.

A execução destas tarefas era desempenhada pelos ordenhadores e eram realizadas no intervalo entre as ordenhas. O tempo diário consumido para as atividades ligadas ao manejo dos animais era aproximadamente de 02h30min.

#### 2.3.6. Atividades de operações do conjunto mecanizado nos sistemas *CB* e *FS*

No Sistema *Compost Barn*, as atividades relacionadas ao conjunto mecanizado incluíam o revolvimento da cama e o processo de alimentação animal, sendo que, para ambas as atividades, era utilizado um trator. Essas atividades estavam integradas às operações diárias de manejo e limpeza em ambos os sistemas estudados. Salienta-se que as tarefas desempenhadas com os maquinários os funcionários executavam as tarefas sentados.

O processo de revolvimento da cama no sistema *CB* ocorria diariamente, demandando, em média, 40 minutos por dia, enquanto o procedimento de alimentação em todos os sistemas demandava uma média de 06:00 h diárias.

#### 2.3.7. Atividades relacionadas a fabricação de ração

O processo de fabricação de ração era conduzido uma vez por semana por um colaborador exclusivo, com início às 07h00min e conclusão às 12h00min. Esse processo ocorria em um galpão e compreendia várias etapas, começando com a moagem dos ingredientes, o que levava cerca de 01h00min.

Em seguida, ocorria a mistura da ração e a peletização com maquinário da fábrica, processo este com duração aproximada de 02h00min, incluindo pausas de cerca de 20 minutos entre as atividades. Ressalta-se que, durante esse procedimento, o colaborador manipulava pesos relacionados aos ingredientes da ração, o que resultava em posturas inadequadas e esforços nos membros inferiores.

O processo de embalagem e ensacamento tinha uma duração média de 01 h e 30 min, no qual os sacos eram preenchidos com um peso padrão de aproximadamente 50 kg. É relevante

notar que todo o ciclo de fabricação de ração era executado por um único colaborador, cuja dedicação exclusiva era voltada para execução das tarefas da fábrica de ração.

## **2.4. Fatores Ergonômicos Avaliados**

### **2.4.1. Ambiente térmico**

Para a avaliação das condições térmicas às quais estiveram submetidos os funcionários atuantes nos sistemas *CB* (Galpão de confinamento, sala de ordenha) e *FS* (galpão de confinamento, sala de ordenha), foram utilizadas as médias horárias de Temperatura e Umidade Relativa do ar, levando-se em consideração o período que os trabalhadores ficaram expostos a cada ambiente de trabalho. Durante período de coleta, para a medição e registro das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos alojamentos, foi utilizado o sensor HOBO (modelo U14-002; faixa de medida de temperatura entre  $-20,0$  e  $50,0$  °C; precisão de  $0,2$  °C; faixa de medida de umidade relativa do ar entre 0 e 100%; precisão de 2,5%).

Os sensores HOBO foram posicionados no centro geométrico de cada instalação (*CB* e *FS*), na fábrica de ração e nas salas de ordenhas dos respectivos sistemas, a uma altura de 1,65 m (correspondente à média da altura do tórax dos colaboradores da UPA). Os dados foram coletados a cada 5 minutos,  $24\text{h}\cdot\text{dia}^{-1}$ , durante todo o período experimental correspondente a doze dias, valores a partir dos quais foram calculadas as médias horárias e diárias e ITE (Índice de Temperatura Efetiva).

As faixas de tempo das quais se extraíram os valores de temperatura e umidade relativa do ar considerados de influência sobre o conforto dos trabalhadores foram: na sala de ordenha do *CB*, de 05:00 h às 09:00 h (referente ao turno da manhã), de, 15:00 h às 18:00 h, de referente ao período da segunda ordenha (horário em que eram realizadas as ordenhas e posteriormente limpeza dos sistemas). Para o sistema *FS* as faixas de horários analisados nas salas de ordenha foram: de, 05h00min às 09h00min (período da manhã) e 15h00min às 18h00min (período da tarde). Na fábrica de ração, os horários de coleta foram: 08h00min, 09h00min, 11h00min (momento de fabricação da ração).

Os valores aferidos de temperatura e umidade foram comparados com os limites aceitáveis estipulados pela NR-17, a qual estabelece a zona de conforto térmico entre 20 e 23°C, com umidade relativa do ar não inferior a 40% e velocidade do ar não superior a 0,75 m/s.

### 2.4.2. Qualidade do ar

As concentrações de gases foram avaliadas nas salas de ordenha e no interior das instalações *CB* e *FS*. No sistema *CB*, a coleta de dados ocorreu sempre trinta minutos antes e depois do revolvimento da cama, o que acontecia em dois horários distintos, sendo eles 06h00min e 16h00min.

Para avaliar a qualidade do ar no interior das instalações e das salas de ordenhas foram realizadas medições de concentrações instantâneas de dióxido de carbono, monóxido de carbono e amônia, durante período de doze dias. As medições foram realizadas no centro das instalações e das salas de ordenha, a uma altura aproximada de 1,65m (considerada a altura média dos trabalhadores). As medições ocorreram em quatro horários distintos, sendo eles: 05h00min, 09h00min, 15h00min e 18h00min, o que é considerado representativo em analogia ao comportamento diário das concentrações de gases.

Para coleta de dados de concentração de amônia, foi utilizado o sensor marca Instrutemp, de princípio eletroquímico, com resolução de 1ppm e precisão de  $\pm 1$  ppm que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 100 ppm. Para a coleta de dados de concentração dióxido carbono ( $\text{CO}_2$ ), foi utilizado sensor da marca Instrutemp, modelo AZ-77535 digital portátil, com princípio de funcionamento infravermelho, com resolução de 1ppm e precisão de  $\pm 50$  ppm, que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 10.000 ppm. Para mensuração da concentração de Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), foi utilizado sensor da marca Instrutemp, modelo ITMCO -1500-7001, com resolução de 1ppm e precisão de  $\pm 50$  ppm que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 10.000 ppm.

Os dados referentes a qualidade do ar coletados no interior das instalações *CB* e *FS*, e no interior das salas de ordenhas, foram analisados e confrontados com os valores preconizados pela diretiva NR15 (2004) da legislação Brasileira.

Conforme as diretrizes da Norma Regulamentar do Ministério do Trabalho, NR 15, no anexo nº6, é especificado que um ambiente pode ser classificado como insalubre em grau médio quando a concentração de amônia ultrapassa 20 ppm, com o tempo de exposição contínua permitido ao indivíduo nesse ambiente de 48 horas semanais. A condição de insalubridade máxima, de acordo com a Norma Brasileira, é estabelecida quando a concentração atinge o limite máximo de 39 ppm, mantendo o tempo de exposição semanal de 48 horas.

No tocante ao monóxido de carbono, a Norma Brasileira também define como condição de insalubridade máxima quando a concentração atinge o limite máximo de 39 ppm, com o tempo de exposição permitido ao indivíduo nesse ambiente de 48 horas semanais.

#### 2.4.3. Ruído

Para avaliação da dosagem de ruídos na UPA foi utilizado um decibelímetro digital da marca Instrutemp, modelo ITDEC 4000, com faixa de alcance entre 50 e 100 dB. O aparelho encontrava-se devidamente regulado para a mensuração de ruído contínuo e intermitente, sendo que, em todos os setores analisados, as coletas referentes aos níveis de ruídos foram realizadas em um período de doze dias e de maneira contínua.

Os níveis de ruído foram mensurados em quatro horários na região central do interior das instalações *CB* e *FS*, sendo estes: 05h00min e 09h00min, período da manhã; e 15h00min e 18h00min, período da tarde. Nestes respectivos horários sempre havia a presença de colaboradores no interior da instalação realizando atividades de manejo, limpeza e trato dos animais. Em cada horário foram realizadas três medições, obtendo-se a média das leituras. As coletas de dados ocorriam próximo a zona auditiva dos funcionários (1,65 m de altura média dos colaboradores).

As medições do nível de ruído também foram aferidas nas salas de ordenha os respectivos sistemas *CB* e *FS*, durante o período em que a atividade era desempenhada. Nos sistemas *CB* as leituras ocorreram em quatro respectivos horários 05:00h, 09:00h (período da manhã), 15h00min, 18h00min (período da tarde). No sistema *FS* as leituras ocorreram nos horários, 05h00min, 09h00min (período da manhã), 15h00min, 18h00min (período da tarde). Para cada horário, foram realizadas três leituras, gerando-se uma média para cada horário. As aferições ocorriam na parte central de cada sala de ordenha a uma altura de aproximadamente 1,65 m. Na fábrica de ração foram realizadas coletas nos horários de 08h00min, 09h00min e 11h00min, também sendo realizadas três leituras para cada horário, sendo considerada as médias horárias.

Foram aferidos os níveis de ruídos nos conjuntos mecanizados (tratores), nos horários que eram fornecidos o trato dos animais, sendo realizadas três coletas: 08h00min, 09h00min e 11h00min e no momento do revolvimento da cama no sistema *CB* que ocorria; às 06h00min e as 16h00min.

Todos os dados obtidos foram analisados e posteriormente confrontados com os limites estipulados no anexo 1 da NR-15 (2004), da Legislação Brasileira, que estabelece

o ruído contínuo atingindo 85 dB considerando o limite máximo tolerável para uma exposição durante uma jornada diária de trabalho de 8 horas, conforme as normas brasileiras.

#### 2.4.4. Iluminação

A iluminância no interior de cada ambiente (instalações, salas de ordenha, fábrica de ração), foi mensurada por meio do luxímetro digital marca Minipa, modelo MLM-1011, com precisão de  $\pm 4\%$  para leituras menores do que 10000 lx). A aferição das leituras foi realizada alocando a base da fotocélula em plano horizontal na altura média do local de trabalho (aproximadamente 1,65 m). Foram feitas, manualmente, três leituras por hora, durante um período de doze dias.

No interior das instalações *FS* e *CB* (parte central), as leituras ocorreram nos horários: 05h00min e 09h00min, período da manhã, sendo que no período da tarde as coletas ocorreram nos horários 15h00min e 18h00min. As medições em relação a nível de iluminância também foram aferidas nas salas de ordenhas dos respectivos sistemas *CB* e *FS*, durante o período em que a atividade era desempenhada.

No sistema *CB* os dados foram coletados às 05h00min, 09h00min e 11h00min, período da manhã, às 15h00min e 18h00min, período da tarde e às 20h00min, período noturno. Já para o sistema *FS* as leituras feitas nos horários de 05h00min e 09h00min manhã, e às 15h00min e 18h00min. As aferições na fábrica de ração se deram: 08h00min, 09h00min e às 11h00min. Todos os valores encontrados nos respectivos ambientes foram confrontados com os valores estabelecidos pela diretiva NBR-5413 (1992).

Os dados das variáveis analisadas (Gases: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO; Ruídos; Iluminância) nos diversos ambientes estudados, os horários de todas as coletas estão listados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Disposição dos horários de coleta das variáveis estudadas em relação aos ambientes.

Ambiente Estudado na Unidade de produção Animal	Horário de coletada das variáveis analisadas		
	Gases (CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CO)	Ruído	Iluminância
Interior Instalação <i>CB</i>	05h00min	05h00min	05h00min
Interior Instalação <i>FS</i>	09h00min	09h00min	09h00min
Sala de ordenha <i>CB</i>	15h00min	15h00min	15h00min
Sala de Ordenha <i>FS</i>	18h00min	18h00min	18h00min
Fábrica de Ração	08h00min	08h00min	08h00min
	09h00min	09h00min	09h00min
	11h00min	11h00min	11h00min

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 2.4.5. Avaliação biomecânica

Durante a realização das atividades diárias desempenhadas pelos colaboradores, foram feitos registros fotográficos para a avaliação biomecânica. Desta forma, dentro de cada fase dos ciclos da atividade, foram escolhidas as posturas consideradas críticas que representassem a atividade para a referida análise. Também foram obtidos dados referentes à massa corporal e estatura da amostra populacional.

A avaliação biomecânica foi conduzida seguindo a metodologia desenvolvida pela Universidade de Michigan, utilizando uma abordagem tridimensional que se baseou em fotos do trabalhador executando a atividade em várias posturas.

Desta forma, foi possível medir os ângulos entre as diversas articulações dos segmentos corpóreos. Para cada fase da atividade, foram selecionadas as fotos que representavam um movimento específico, em dado instante, nas quais foram feitas as medições dos ângulos formados nas articulações, incluindo punho, cotovelo, ombro, tronco, joelho e tornozelo, além da força de compressão no disco entre as vértebras L5 – S1. Assim foi possível verificar os potenciais riscos associados ao surgimento de lesões osteomusculares. Esses ângulos, juntamente com informações sobre a magnitude e direção das forças aplicadas, e as características antropométricas, como altura e peso da população em estudo, foram utilizados na análise.

Essas posturas foram selecionadas para a medição dos ângulos correspondentes, os quais foram integrados ao programa computacional denominado Modelo Biomecânico Tridimensional de Predição de Posturas e Forças Estáticas. (3DSSPP™), versão 6.0.2, desenvolvido pela Universidade de Michigan, nos Estados Unidos (University of Michigan, 2016). Por meio desse *software* são calculadas as forças estáticas que um colaborador exerce e sofre durante sua atividade, com base nos ângulos obtidos a partir de imagens das posturas adotadas pelo trabalhador. Por meio desse programa podem ser identificadas as posturas que podem ser prejudiciais à saúde. Além disso, faz parte do programa, um recurso que gera automaticamente a representação gráfica das respectivas posturas analisadas.

O programa computacional produziu uma recomendação para a carga limite, representando o peso que mais de 99% dos homens e 75% das mulheres em boas condições de saúde podem levantar. Essa carga limite resulta em uma força de compressão, medida em Newtons, na ordem de 3.426,3 N no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerada suportável para a maioria dos trabalhadores jovens e saudáveis.

O *software* também fornece informações sobre a porcentagem de trabalhadores que podem realizar a atividade sem desenvolver lesões osteomusculares para cada articulação avaliada, o que representa o risco potencial para a saúde do trabalhador em cada fase da atividade.

Com base nos resultados da análise biomecânica, torna-se possível estimar a força de compressão na região lombar da coluna do trabalhador, especificamente no disco entre as vértebras L5-S1. Além disso, torna-se possível determinar se essa força ficou abaixo ou acima da carga limite recomendada. As análises também fornecem estimativas para cada articulação do corpo, abrangendo pulso, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos, quanto à porcentagem de pessoas capazes de manipular a carga sem risco de lesão na articulação.

## **2.5. Análise estatística**

### 2.5.1. Estatística descritiva

A avaliação das variáveis ergonômicas, englobando parâmetros do ambiente térmico ( $t_{bs}$  e UR), qualidade do ar ( $CO_2$ ,  $NH_3$ , CO), ruído e luminância, foi conduzida com base em análise de estatística descritiva.

### 2.5.2. Análise de componentes principais das variáveis ergonômicas em cada instalação

A análise de Componentes Principais (ACP) foi conduzida para avaliar os ambientes de trabalho sob o ponto de vista dos diferentes parâmetros ergonômicos e ambientais (Johnson e Wichern, 2002).

Ao todo foram elaboradas três análises ACP. A primeira buscou evidenciar a relação das variáveis ambientais com os locais de trabalho estudados. A segunda ACP objetivou avaliar o ambiente de trabalho mediante das variáveis ergonômicas e a terceira ACP buscou avaliar de forma conjunta o ambiente de trabalho considerando simultaneamente variáveis ambientais e ergonômicas.

As análises foram conduzidas no software R (versão R-4.3.1), com o suporte dos pacotes *FactoMineR* (Lê et al., 2008), *factorextra* (Kassambara; Mundt, 2020) e *ggplot2* (Wickham et al., 2016). Destaca-se que, por meio desta análise, a complexidade dos dados foi simplificada, resultando na redução da dimensionalidade das variáveis originais por meio da extração dos componentes principais. Dessa forma, a ACP contribuiu para a interpretação dos resultados, dado que melhor viabilizou a identificação de padrões e a visualização das relações entre as variáveis e entre os ambientes (Johnson e Wichern, 2002).

Adicionalmente, foram confeccionados gráficos do tipo *biplot* (Kassambara e Mundt, 2020), considerando os dois componentes principais com maior explicação da variância dos dados. Os gráficos *biplot* foram elaborados com base no pacote *ggplot2* (Wickham et al., 2016).

Estes gráficos desempenham um papel crucial na interpretação dos resultados da ACP, permitindo a identificação de relações intrínsecas, tendências e agrupamentos entre as variáveis (ergonômicas e/ou ambientais) nos diferentes ambientes de trabalho.

Vale destacar que, no gráfico *biplot*, a direção das setas indica como cada variável está relacionada aos componentes principais extraídos da ACP. Já o comprimento das setas indica a magnitude da contribuição de cada variável para a variação capturada pelos componentes principais. E, por fim, o sentido das setas indica como as variáveis contribuem para a interpretação e composição dos componentes principais (Johnson e Wieden, 2002).

É relevante salientar que a relação entre os componentes principais e os parâmetros das variáveis analisadas neste estudo foi avaliada quanto à sua intensidade, classificando-a como forte (correlação com magnitude superior a 0,75), moderada (correlação entre 0,75 e 0,5), ou fraca (correlação entre 0,5 e 0,3). Essa avaliação considerou o valor absoluto da correlação, seguindo as diretrizes delineadas por Liu et al., (2003) e Gao et al., (2016).

### **3. Resultados e Discussão**

#### **3.1. Perfil Socioeconômico**

Os resultados dos questionários revelaram que todos os entrevistados são do sexo masculino. Em relação à faixa etária, constatou-se que 33,3% dos colaboradores têm mais de cinquenta anos, 33,3% têm entre quarenta e cinquenta anos, e 33,3% estão na faixa etária de dezoito a trinta anos. Observou-se que a altura média dos funcionários era de 1,72 m, e o peso médio de 70,0 kg.

Verificou-se uma média de 25,0 para o Índice de Massa Corporal (IMC). Importante ressaltar que, apesar da ausência de acompanhamento nutricional para os trabalhadores, 66% dos avaliados, encontra-se dentro de uma faixa considerada ideal de peso de acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Essas recomendações classificam o IMC da seguinte maneira: baixo peso quando o IMC é inferior a 18,5; adequado quando o IMC está entre 18,5 e 24,9; e sobrepeso quando o IMC é igual ou superior a 25 kg/m<sup>2</sup> (BRASIL, 2018d). Este resultado provavelmente está relacionado ao alto gasto energético associados as atividades que esses trabalhadores desempenham, uma vez que essas atividades envolvem um considerável esforço físico.

Em relação a cidade de origem, 66% dos trabalhadores são nascidos no município onde foi conduzida a coleta de dados, o restante (33%), são de cidades no entorno, pertencentes a zona da Mata Mineira, 100% dos colaboradores são oriundos de zona rural. Isso evidencia o sólido vínculo que esses produtores têm com a região, sugerindo que muitos deles podem ter herdado a profissão de seus pais, em vez de a escolherem com base em suas próprias aptidões.

No que diz respeito ao perfil dos trabalhadores entrevistados, 77,0 % são casados ou vivem em união estável, enquanto 23,0%, são solteiros. É interessante notar que, em geral, o número de casados supera os demais grupos. Em relação ao número de filhos, a maioria dos entrevistados tem mais de três filhos, com uma média de 4,17 filhos por trabalhador.

O maior percentual de trabalhadores 77,0%, não concluiu o ensino médio (2º grau), seguido por 11,1% que terminaram o ensino fundamental (1º grau), e por aqueles com ensino fundamental ou médio incompleto, ambos com 11,1 %. No setor de limpeza, observou-se uma predominância de funcionários mais jovens, os quais apresentavam níveis educacionais mais elevados, caracterizando-se majoritariamente por possuírem ensino médio completo.

Todos os funcionários residiam nas proximidades da Unidade de Produção Animal e não dependiam de transporte público para chegar ao trabalho. Eles informaram que viviam em suas próprias casas, com acesso a serviços como energia elétrica e abastecimento de água encanada, fatores que estão diretamente ligados à qualidade de vida da população.

Quanto às atividades realizadas nos sistemas de produção, 76,8% dos colaboradores afirmaram desempenhar mais de uma função na UPA, considerando atuar de forma rotativa, nos dias de folga dos demais funcionários.

No que se refere à experiência dos funcionários em suas atividades atuais, observou-se que 77,0% deles têm desempenhado suas funções atuais por um período acima de cinco anos. Verificou-se que 55,0% dos colaboradores atuam como funcionários da Unidade de produção havia mais de vinte anos. O tempo de serviço na atividade de produção de leite bovino também apresentou uma ampla variação, indo de 4 a 50 anos, com uma média de 27 anos.

Ao analisar o tempo de serviço dos colaboradores na profissão, verificou-se que 66% deles já atuavam no ramo por mais de 25 anos, indicando uma notável experiência e dedicação no contexto da produção leiteira. Quando questionados sobre os motivos que os mantêm no setor, os colaboradores enfatizaram fatores como bem-estar, realização profissional, vocação, crença nas atividades, falta de qualificação para atuarem em outras áreas e desconhecimento de outras habilidades profissionais em outros segmentos.

No que diz respeito às horas dedicadas ao trabalho na UPA, verificou-se variações que oscilaram entre 08:00 a 10:00 horas por dia, com uma média de 09:00 horas diárias. No entanto, apenas um dos entrevistados indicou trabalhar menos de 08:00 horas por dia. Este fato encontra-se respaldado pela Norma Regulamentadora 31 (NR 31), a qual aborda as condições de segurança e saúde no ambiente laboral relacionado à agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura. No âmbito da jornada de trabalho no setor rural, a NR 31 estabelece diretrizes específicas. A jornada laboral padrão para esse tipo de atividade é estipulada em até oito horas diárias e quarenta e quatro horas semanais, respeitando as nuances inerentes às atividades sazonais e intermitentes (BRASIL, 2005).

Para as atividades que demandam períodos laborais mais extensos, sejam elas contínuas ou temporárias, a NR-31 contempla a possibilidade de prorrogação da jornada. Contudo, essa extensão deve ser realizada mediante o estabelecimento de um regime de compensação, observando rigorosamente o limite máximo de quarenta e oito horas semanais. Tal delineamento normativo busca conciliar a necessidade de flexibilidade, inerente às atividades rurais, com a preservação da saúde e segurança dos trabalhadores, respeitando, assim, as particularidades do contexto laboral no setor.

Quando questionados sobre sua satisfação com o horário de trabalho na empresa, 77,8% dos trabalhadores relataram estar satisfeitos, seguidos por 11,1% que expressaram muita satisfação e 11,1% que se declararam insatisfeitos. É importante ressaltar que a maioria dos colaboradores que se mostraram satisfeitos atribuiu essa satisfação à compatibilidade do horário de trabalho com suas responsabilidades domésticas e familiares. Um ponto de insatisfação denotado por 77,8% dos colaboradores foi o período de sono diário, considerado insuficiente o que ocasionava sonolência durante a jornada de trabalho.

Um total de 77,6% dos participantes da amostra avaliou que a atividade relacionada à ordenha é a que apresenta menor desgaste em comparação com todas as outras atividades desenvolvidas na UPA. Segundo relatos dos envolvidos na atividade de ordenha, esta os protege das condições climáticas adversas. No entanto, eles também apontam que a atividade é considerada repetitiva e monótona.

A principal crítica dos colaboradores concentra-se na remuneração, com 66,6% deles avaliando-a como insuficiente em relação à carga horária e às responsabilidades atribuídas.

Dos entrevistados, 7,7% mencionaram ter recebido algum tipo de treinamento atrelado às atividades que desempenhavam. Neste sentido, estes consideraram que o treinamento oferecido foi suficiente, enquanto 33,3% relataram que o tempo destinado ao aprendizado foi

curto. Além disso, os colaboradores enfatizaram que o treinamento foi insuficiente por ser predominantemente teórico, com conteúdo complexo e que há ausência de iniciativas motivacionais e incentivos promovidos pela UPA, especialmente no que tange às atividades de treinamento e capacitação. Os principais temas abordados nos treinamentos incluíram: manejo de ordenha, nutrição e manejo para gado de leite, prevenção e controle de cascos em bovinos, manuseio de ferramentas e equipamentos, primeiros socorros, entre outros.

Quando questionados sobre doenças relacionadas ao trabalho, 88,8% dos entrevistados afirmaram nunca ter tido doenças desse tipo. Outros 12,2% mencionaram que atualmente têm alguma doença, mas não estão em tratamento, e afirmaram que não foi ocasionada pelas atividades desempenhadas no ambiente de trabalho.

No que diz respeito a dores no corpo, 77,7% dos entrevistados mencionaram ter dores nas pernas, sendo está a queixa de maior predominância entre os colaboradores, os quais atribuem à grande jornada de trabalho realizada em pé. 33,3% dos trabalhadores mencionam sentir dores nas costas, 33,3 % nos braços e nas mãos, e 11,1% no ombro.

Os trabalhadores apontaram o movimento repetitivo como a principal causa das dores no corpo. Em relação a problemas de visão, nenhum dos entrevistados relata problemas nos olhos. Quanto às dores de ouvido, somente 11,1% mencionaram ter esporadicamente esse tipo de problema,

Em relação ao uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), 100% dos entrevistados consideraram sua utilização de extrema importância. No geral, as botas de PVC, foram apontadas como o EPI, mais importante. No entanto, a percepção sobre quais EPIs são mais cruciais varia de acordo com o setor de trabalho. Nos setores da ordenha, a bota de PVC, os aventais, as luvas e os protetores auriculares foram considerados os de maior relevância. Os protetores auriculares também foram citados como o EPI, mais relevante para os operadores que trabalham com conjunto mecanizado (tratores utilizados para o revolvimento no sistema *CB*, e para alimentação em toda UPA). Por outro lado, o protetor auricular é mencionado como o EPI que causa mais desconforto, de acordo com a maioria dos entrevistados, representando 100 % das respostas entre os colaboradores.

Em relação à segurança no trabalho, apenas um dos entrevistados afirmou ter enfrentado algum tipo de acidente no ambiente de trabalho. Segundo o relato, no momento do acidente, o colaborador não se encontrava utilizando os EPIs necessários para a atividade em questão.

Apenas, 11,1% dos entrevistados consideraram que o trabalho que desempenham na UPA não é considerado perigoso. Além disso, 33,3% dos colaboradores mencionaram que

acidentes já foram evitados graças ao uso dos EPIs, demonstrando a percepção da eficácia desses equipamentos na prevenção de incidentes. Quanto à promoção de ginástica laboral pela empresa, 100% dos entrevistados desconhecem a existência desse incentivo.

Em termos gerais, todos os colaboradores entrevistados expressaram sua satisfação em trabalhar nas atividades relacionadas à produção de leite. Eles demonstraram um desejo de continuar nesse ramo, sem demonstrar interesse em buscar empregos na área urbana ou outra atividade dentro do setor agropecuário. É importante notar que os funcionários também expressaram o desejo por programas de capacitação, treinamento e incentivos proporcionados pela gestão da fazenda.

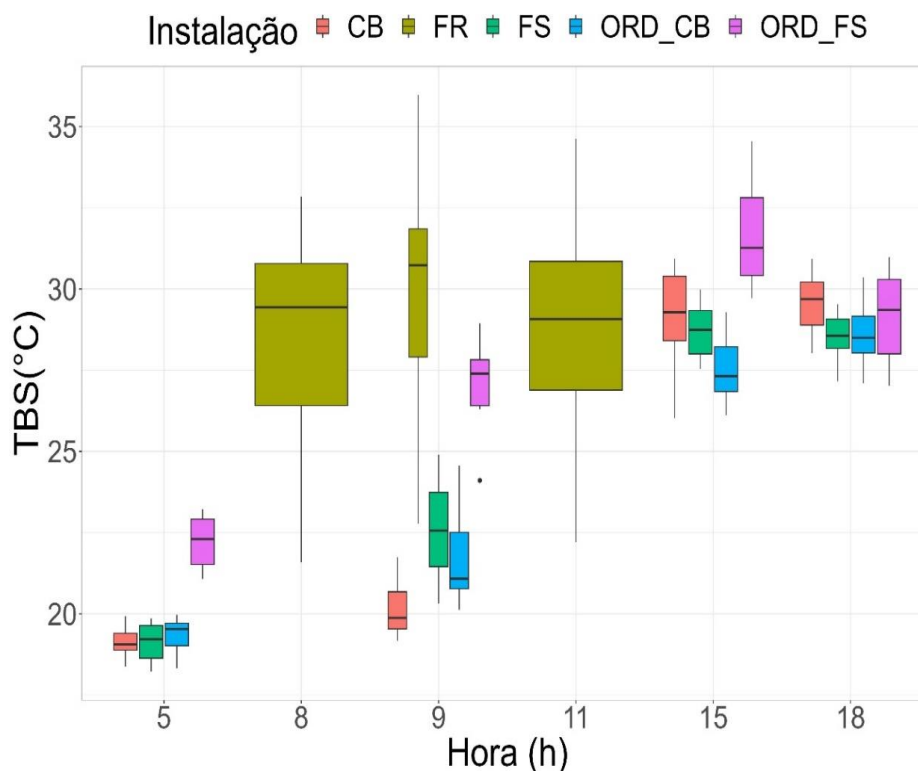
Conforme destacado por Thelin (2002), Soranso et al., (2023) e Schettino et al., (2022), a adesão de programas de treinamentos surge como um elemento crucial na prevenção de acidentes no ambiente de trabalho. Desta forma, conforme estabelecido pela legislação brasileira pelas Normas Regulamentadoras NR-06 e NR-31, a realização de treinamentos e a implementação de dispositivos de segurança são parte integrante das medidas preventivas e corretivas, visando a minimização da probabilidade de exposição dos trabalhadores a riscos no ambiente laboral. A ausência dessas precauções no ambiente de trabalho pode acarretar danos à saúde dos trabalhadores, resultando, por conseguinte, em perdas econômicas para a empresa (BRASIL, 2018e; Fundacentro, 2018).

### **3.2. Análise dos fatores ergonômicos**

#### **3.2.1. Ambiente térmico**

Na Figura 3 estão apresentados os valores de temperatura do bulbo seco em diferentes horários do dia para as cinco instalações avaliadas. As instalações *CB*, *FS*, *ORD\_CB* (interior sala de ordenha sistema *Compost Barn*), *ORD\_FS* (interior sala de ordenha Sistema *Free Stall*) e *FR* (interior da fábrica de ração) os dados foram coletados no mesmo horário, possibilitando estabelecer comparações entre esses ambientes. Dessa forma, foi possível verificar que a  $t_{bs}$  apresentou valores crescentes ao longo do dia nas instalações *CB*, *FS*, *ORD\_CB*, *ORD\_FS* e *FR*.

Para esses ambientes verifica-se que os menores valores médios de  $t_{bs}$  ocorreram as 05h00min, variando de aproximadamente 19°C a 22°C (Figura 3). Ao longo do dia houve progressão dos valores de  $t_{bs}$  em todas os ambientes mencionados, às 15h00min foram registrados valores médios entre 27°C e 31°C. Essa faixa de valores de  $t_{bs}$  se manteve também no período das 18h00min, sendo que neste período a  $t_{bs}$  variou de 28°C a 29°C (Figura 3).



**Figura 3.** Gráfico do tipo *boxplot* com os valores médios horários de *temperatura* de bulbo seco (TBS), em °C em diferentes horários do dia para as cinco instalações avaliadas *CB*, *FS*, *ORD\_CB* (interior sala de ordenha sistema *Compost Barn*), *ORD\_FS* (interior sala de ordenha Sistema *Free Stall*) e *FR* (interior da fábrica de ração).

Aos avaliar os valores de  $t_{bs}$  nas instalações *CB*, *FS*, *ORD\_CB* e *ORD\_FS* verifica-se que os maiores valores e amplitudes térmica foram obtidos na *ORD\_FS* (Figura 3) (05h00min, 09h00min, 15h00min, 18h00min). Essa variação pode estar relacionada às condições de estruturais e de ambiência presentes na instalação *ORD\_FS*, que era uma instalação mais antiga, com telhado de telha ondulada de fibrocimento e que apresentava redução da ventilação natural.

Por outro lado, as instalações *CB*, *FS*, *ORD\_CB* apresentaram amplitudes e valores de  $t_{bs}$  próximos ao longo dos diferentes horários avaliados. Esses foram ambientes semelhantes, dado que apresentaram pé direito maiores e bom favorecimento da ventilação natural.

A Fábrica de Ração, como analisou horários de avaliações diferentes das demais instalações foi avaliada separadamente. Neste sentido, pode-se verificar que houve certa estabilidade na amplitude e valores médios ao longo dos três horários avaliados (08h00min, 09h00min, 11h00min), sendo que a média entre os horários foi de aproximadamente 30°C e às 09h00min, foi registrado o maior valor de  $t_{bs}$  em relação *CB*, *FS*, *ORD\_CB* e *ORD\_FS*.

Com base na avaliação das instalações, verifica-se que os dois ambientes que apresentaram os maiores valores de  $t_{bs}$ , foram *ORD\_FS* e *FR*. Por conta disso, esses são ambientes que apontam para necessidade de maior cuidado do ponto de vista da saúde do trabalhador. A exposição prolongada a temperaturas elevadas, como as registradas em *ORD\_FS* e *FR*, pode contribuir para o surgimento de desconforto térmico, fadiga e desidratação. Além disso, a amplitude térmica observada em *ORD\_FS* indica condições instáveis ao longo do dia, o que pode dificultar a adaptação dos trabalhadores.

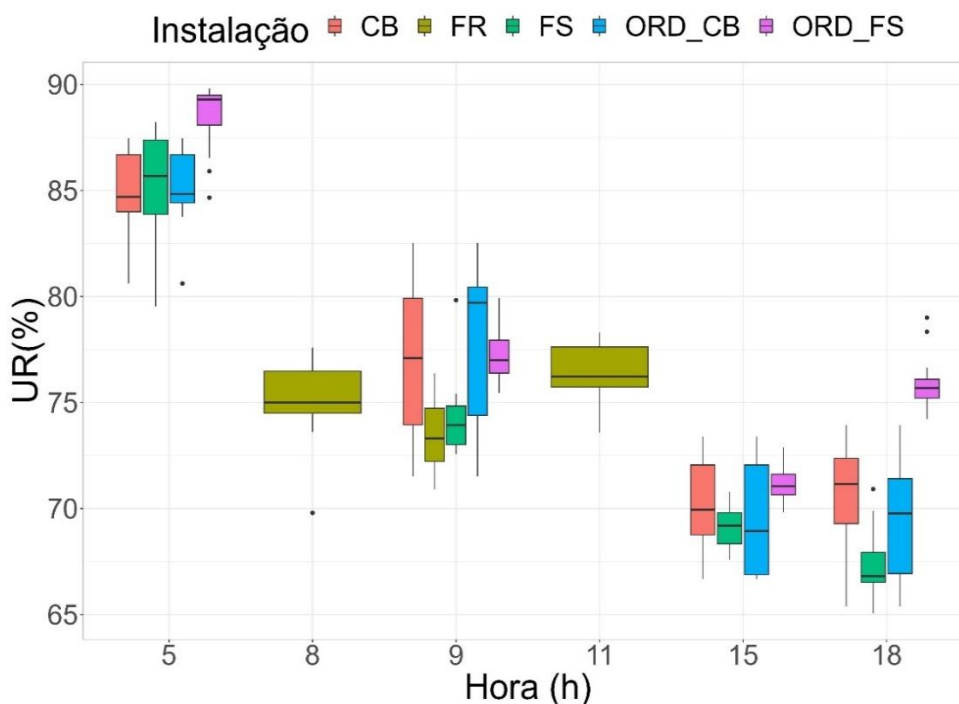
Por outro lado, as instalações *CB*, *FS* e *ORD\_CB*, com valores mais estáveis e menores de  $t_{bs}$ , proporcionaram condições mais adequadas do ponto de vista térmico. A presença de pé direito elevado e uma boa ventilação natural nessas instalações pode ter contribuído para criar um ambiente mais ameno e propício ao trabalho.

Assim, considerando a importância da saúde do trabalhador, é recomendável que medidas sejam adotadas nas instalações *ORD\_FS* e *FR* para mitigar os efeitos adversos da temperatura elevada. Isso pode envolver investimentos em ventilação forçada (uso de ventiladores) e a implementação de soluções que melhorem o isolamento térmico do telhado, como a utilização de forros e a substituição das telhas por telhas cerâmicas.

O comportamento da umidade relativa do ar (UR) ao longo do dia nas diferentes instalações avaliadas está apresentado na Figura 4.

Por meio da visualização da Figura 4, observa-se nítida redução dos valores de UR (%) para todas as instalações à medida que o dia foi avançando. O horário com os maiores registros de UR para as instalações *CB*, *FS*, *ORD\_CB* e *ORD\_FS* foi às 05h00min, apresentando valores médios na faixa de 84% (*CB*) e 88% (*ORD\_FS*), aproximadamente. Por outro lado, os horários de 15h00min e 18h00min, foram os que apresentaram os menores registros de UR, o menor valor médio dentre estes dois períodos foi verificado às 18h00min na instalação *FS* (cerca de 67%).

Ao observar o comportamento desta variável na *FR* (Figura 4), verificou-se que ao longo dos três horários avaliados houve uniformidade dos valores de UR (%), com valores médios semelhantes (aproximadamente 75%) e amplitudes pequenas (máxima amplitude verificada foi de 2,5%). Ao avaliar o horário das 9h (Figura 4), período em que há registro de todos os ambientes, pode-se notar que há pequena variação do valor médio de UR (%) entre as instalações, sendo que o menor valor médio observado foi de 73% (*FR*) e o maior foi de 80% (*ORD\_CB*).



**Figura 4.** Gráfico do tipo *boxplot* com os valores médios horários umidade relativa do ar (UR), em %, em diferentes horários do dia para as cinco instalações avaliadas *CB*, *FS*, *ORD\_CB* (interior sala de ordenha sistema *Compost Barn*), *ORD\_FS* (interior sala de ordenha Sistema *Free Stall*) e *FR* (interior da fábrica de ração).

De modo geral, foi verificado que para a UR (%) não houve grande discrepância entre as instalações (Figura 4), considerando o mesmo horário. Contudo, as instalações relacionadas a atividade de ordenha apresentaram valores de UR (%) levemente superiores, o que era esperado devido ao tipo de atividade realizada nestes locais. Nestes ambientes a maior concentração de animais eleva a umidade relativa do ar, devido a liberação de vapor d'água via respiração e dejetos. Além disso, este é um ambiente que apresenta suas superfícies continuamente molhadas, seja devido a presença dos animais ou por conta do processo de limpeza.

Ao longo do dia a umidade do ar foi diminuindo até chegar à estabilização às 15h00min, apresentando aumento às 18h00min. Nesta região, este comportamento da UR também foi relatado por Oliveira et al., (2022). Neste trabalho os autores avaliaram o microambiente térmico de uma instalação *Compost Barn* aberta durante o inverno, a mesma avaliada neste trabalho (instalação *CB*). Foi constatado que nos horários das 05h00min a UR atingia a saturação e à medida que horário avançava o valor reduzia, chegando 60% às 15h00min. Depois deste horário, a UR passava aumentar novamente até atingir o valor de saturação às 00h00min.

A variação nos níveis de UR ao longo do dia pode influenciar o conforto térmico dos trabalhadores. A umidade relativa do ar excessiva pode tornar o ambiente desconfortável, especialmente se associada a altas temperaturas. Neste sentido, é preciso evidenciar para os trabalhadores como a combinação de  $t_{bs}$  e UR (%) afeta a sensação térmica.

Sendo assim, pode-se enfatizar que os horários de 15h00min e 18h00min podem oferecer condições térmicas mais desconfortáveis, devido a combinação da UR (%) e  $t_{bs}$ . Durante este período é fundamental que os colaboradores consumam água regularmente, realizem pausas para descanso e, se possível, dêem preferência para a utilização de roupas leves e respiráveis.

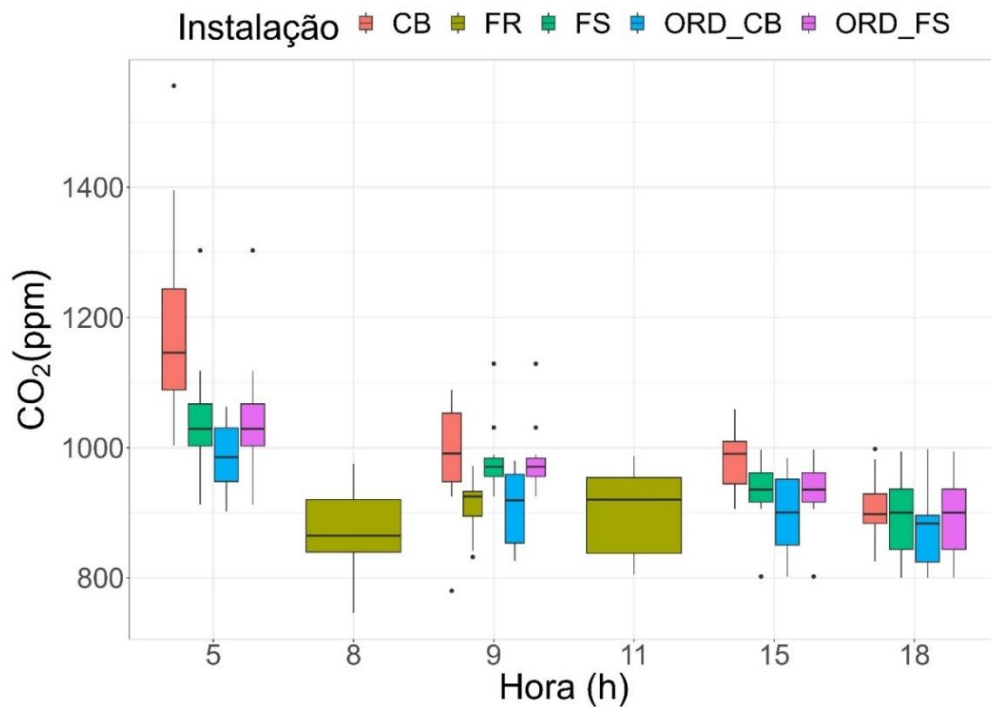
### 3.2.2. Qualidade do ar

Com base nos resultados obtidos, observou-se que, em todos os ambientes avaliados, que incluem desde as salas de ordenha até as áreas internas das instalações e a fábrica de ração, as concentrações mínimas de  $NH_3$  e  $CO_2$  permaneceram abaixo de 20 ppm. Essas concentrações não evidenciaram impactos adversos na qualidade do ar. Em todos os horários examinados, não foram identificadas concentrações significativas de  $NH_3$  e CO, sendo que o valor máximo de amônia registrado foi de 1 ppm, localizado na sala de ordenha do sistema *CB* às 05h00min horas da manhã.

Conforme estabelecido pela Norma Regulamentadora NR15 (MTE, 2008), a concentração tolerável de  $NH_3$  para exposição humana é de 20 ppm durante até 8 horas de trabalho. No entanto, durante a coleta de dados, não foram observados níveis expressivos que exigissem a adoção de medidas preventivas, como o uso de máscaras, durante a execução das atividades nos sistemas de produção de leite. Esse cenário indica um ambiente de trabalho seguro em relação à qualidade do ar, ressaltando a eficácia das práticas adotadas na gestão ambiental e na segurança ocupacional nesse contexto específico.

Quanto aos limites estabelecidos para o monóxido de carbono, de acordo com a Norma Regulamentar 15 (NR15, 2004), é recomendado um limite de 39 ppm. Os valores identificados em todos os sistemas analisados permaneceram significativamente abaixo dessa faixa de segurança. Esses resultados permitem concluir que o nível de monóxido de carbono não apresentou riscos substanciais para os trabalhadores avaliados, reforçando a eficácia das práticas adotadas na gestão ambiental e na promoção da segurança ocupacional nos sistemas de produção de leite em estudo.

A Figura 5 estão apresentados os valores médios diários da concentração de  $\text{CO}_2$ , coletados ao longo do período experimental, para cada intervalo de observação às 05h00min, 09h00min, 15h00min, 18h00min. Estes dados referem-se aos ambientes analisados, compreendendo o interior das instalações *CB* e *FS*, bem como as salas de ordenha nos sistemas *CB* e *FS*. Quanto à fábrica de ração, a coleta abrangeu os horários específicos de 08h00min, 09h00min, 11h00min, os quais foram determinados em função da presença de colaboradores que desempenham atividades neste ambiente durante tais períodos.



**Figura 5.** Gráfico do tipo *boxplot* com os valores médios da concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), em ppm em diferentes horários do dia para as cinco instalações avaliadas *CB*, *FS*, *ORD\_CB* (interior sala de ordenha sistema *Compost Barn*), *ORD\_FS* (interior sala de ordenha Sistema *Free Stall*) e *FR* (interior da fábrica de ração).

Os resultados revelaram que o interior da instalação *CB*, no período das 05h00min, registrou as maiores médias de  $\text{CO}_2$  em comparação com os demais ambientes analisados, apresentando valores médios de 1250 ppm. Em contrapartida, na fábrica de ração foram observados as menores médias de  $\text{CO}_2$  no horário das 08h00min.

No horário das 05h00min foram verificadas médias mais elevadas de  $\text{CO}_2$  em todos os ambientes analisados, exceto na fábrica de ração, no interior da qual não houve coleta de dados neste horário específico. Por outro lado, as médias mais baixas foram observadas às 18:00 horas, sendo aproximadamente semelhantes em todos os ambientes analisados, com exceção da

fábrica de ração. No que diz respeito à fábrica de ração, no horário das 08:00 horas, as médias foram inferiores em comparação com as leituras 09h00min e 11h00min, evidenciando uma variação semelhante ao longo desses horários.

No contexto brasileiro, a adesão aos padrões de qualidade em ambientes climatizados é regulamentada por normativas específicas. A Resolução 09/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece diretrizes rigorosas, fixando um limite de concentração de 1000 ppm (partes por milhão) para ambientes fechados e climatizados, sendo este valor recomendado para o conforto e bem-estar humano.

De modo a mitigar os potenciais impactos adversos decorrentes do excesso de CO<sub>2</sub> em ambientes com ar-condicionado, é imperativo que tais locais implementem eficazes sistemas de ventilação e exaustão do ar interior. Cabe ressaltar que, em concentrações em torno de 1000 ppm, o CO<sub>2</sub> foi prejudicial à saúde dos ocupantes, embora possa exercer influência negativa sobre as funções cognitivas.

Verificou-se que, as médias de concentração de dióxido de carbono nos diversos ambientes avaliados mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA, com exceção do interior da instalação *CB*.

Nesse caso, observaram-se as maiores médias durante o período das 05h00min, da manhã, ultrapassando os limites preconizados pela ANVISA. É pertinente destacar, no entanto, que mesmo ultrapassando esses limites, a concentração observada não evidenciou efeitos prejudiciais à saúde dos trabalhadores envolvidos. Tal constatação pode ser atribuída ao caráter não contínuo da exposição dos colaboradores ao dióxido de carbono, uma vez que estes desempenham suas tarefas e atividades de maneira rotativa, não permanecendo expostos de forma ininterrupta ao ambiente.

### 3.2.3. Ruído

Ao avaliar os parâmetros estabelecidos pela Norma Regulamentadora 15 (NR15, 2004), que preconiza uma exposição máxima de 85 dB(A) ao longo de 8 horas de trabalho, constatou-se, de acordo com os dados apresentados na Tabela 2, que os níveis médios de ruído nos ambientes analisados encontraram com limites inferiores ao referido valor limite recomendado.

Ressalta-se que, o tempo de exposição foi discriminado com base nas atividades específicas realizadas em cada sistema. Na sala de ordenha, englobou-se todo o período de ordenha e limpeza das salas e utensílios. Quanto às atividades no interior das instalações *CB* e *FS*, considerou-se a soma das horas dedicadas às atividades de limpeza e manejo dos animais.

No caso da fábrica de ração, o tempo levado em consideração refere-se às tarefas desempenhadas pelos trabalhadores neste local.

Destacou -se, conforme abordado por Moraes (2002), a existência de três categorias distintas de ruído: contínuo, intermitente e de impacto. Constatou, portanto, que, os ruídos se manifestavam de maneira contínua, ou seja, que é caracterizado por flutuações tão mínimas no nível de pressão sonora que podem ser negligenciadas durante o período de observação, até  $\pm 3$  dB.

**Tabela 2.** Registros dos níveis médios sonoros em decibéis (dB(A)) ao longo da jornada de trabalho nos sistemas de produção de leite *CB* e *FS*, discriminados por atividade.

Local/ Atividade	Nível de Ruído (dB)	Caracterização	Tempo de exposição
Interior Instalação <i>CB</i>	69,6	Contínuo	03h20min
Interior Instalação <i>FS</i>	61,0	Contínuo	04h20min
Sala de ordenha <i>CB</i>	67,5	Contínuo	04h40min
Sala de Ordenha <i>FS</i>	67,9	Contínuo	04h40min
Fábrica de Ração	76,3	Contínuo	05h00min

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Conforme os resultados expostos na Tabela 2, observou-se uma semelhança nos níveis sonoros das salas de ordenha nos respectivos sistemas analisados. Essas atividades compartilhavam equipamentos similares, ambos constituídos por três sistemas fundamentais: o sistema de vácuo, a bomba de vácuo, regulador, reservatório, frasco sanitário, vacuômetro e tubulação de vácuo. Em decorrência do ruído gerado pelos componentes da sala de ordenha, não se evidenciou variação significativa nos valores médios de 67,5 dB para o sistema *CB* e 67,9 dB para o sistema *FS*. Um fator que pode ter contribuído para as médias mais elevadas na sala de ordenha do sistema *FS* foi a dimensão menor dessa sala em comparação com a do sistema *CB*, resultando em maior intensidade de pressão sonora na sala de ordenha do sistema *FS*.

No interior das instalações *CB* e *FS*, os níveis de ruído permaneceram dentro dos limites preconizados pela NR- 15. Observou-se que as médias mais elevadas foram registradas no sistema *CB*, alcançando valores médios de 69,6 dB, superiores aos encontrados no interior das instalações *FS*, que apresentaram médias de 61 dB. Esta disparidade pode estar associada ao maior número de ventiladores no sistema *CB*, em comparação com o *FS*. Além disso, no sistema *CB*, havia um maior contingente de animais alojados, cujos sons emitidos contribuíram para o aumento dos níveis de ruído.

Entretanto, constatou-se que, em nenhum dos ambientes investigados, os trabalhadores adotavam o uso de protetor auricular. Conforme Couto (2014) e Schettino et al., (2021) destaca, é crucial que os funcionários estejam cientes da importância da proteção auditiva, dado que as perdas auditivas ocorrem ao longo de períodos prolongados de exposição. Se o colaborador não estiver consciente da necessidade de utilizar diariamente e de forma contínua o protetor auricular, as perdas auditivas podem ocorrer, acarretando custos e passivos trabalhistas consideráveis.

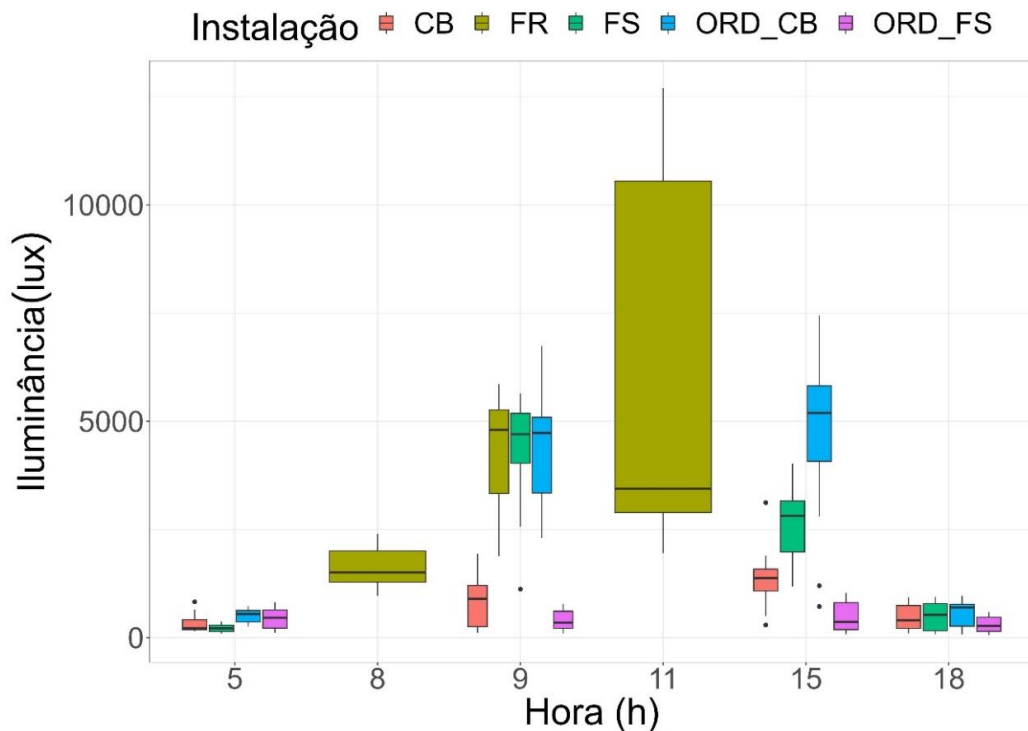
As médias mais elevadas dos níveis de ruído foram identificadas na Fábrica de Ração, atingindo valores médios de 76,3 dB. Essa observação pode ser associada à presença de um maior número de maquinários, tais como moinhos, misturadores, peletizadores e trituradores, na infraestrutura da fábrica de ração. Esses equipamentos, essenciais para o processo produtivo, podem contribuir para o aumento dos níveis sonoros, destacando a importância de monitorar e gerenciar os impactos sonoros nas instalações industriais.

Apesar de os níveis de ruído se encontrarem abaixo dos limites estabelecidos pela NR15 (2004), nos ambientes estudados, é fundamental adotar medidas de prevenção, tornando imprescindível o uso de equipamento de proteção individual (EPI). Desta forma, recomenda-se a utilização do protetor auricular, devidamente certificado pelo Ministério do Trabalho e Emprego, com um nível de atenuação de ruído de, no mínimo, 7,0 dB(A).

#### 3.2.4. Iluminação

O comportamento da iluminância ao longo do dia nas diferentes instalações avaliadas está apresentado na Figura 6. De modo geral, ao considerar todas as instalações, verifica-se que a iluminância apresentou menores valores médios no primeiro e último horário avaliado (05h00min e 18h00min, respectivamente), sendo o menor valor médio proveniente da instalação *FS* e *CB* (200 e 300 lux, aproximadamente).

Em contrapartida, os maiores valores médios foram observados entre as 09h00min e 15h00min, sendo o maior valor médio encontrado na instalação *ORD\_CB* às 15h00min (aproximadamente, 5100 lux).



**Figura 6.** Gráfico do tipo *boxplot* com os valores de iluminância, em lux, em diferentes horários do dia para as cinco instalações avaliadas *CB*, *FS*, *ORD\_CB* (interior sala de ordenha sistema *Compost Barn*), *ORD\_FS* (interior sala de ordenha Sistema *Free Stall*) e *FR* (interior da fábrica de ração).

O comportamento da iluminância (Figura 6) assemelha-se a uma curva parabólica com a abertura voltada para baixo, ou seja, foram registrados menores valores durante a manhã e final da tarde e maiores valores mais ao meio do dia. Este resultado está diretamente relacionado ao padrão de incidência dos raios solares nos diferentes horários.

No início da manhã, por volta das 05h00min, o sol está se elevando no horizonte. Nesse período, os raios solares têm uma trajetória mais inclinada em relação à superfície da Terra. Isso resulta em uma menor intensidade de luz e radiação solar difusa atingindo as instalações, refletindo nos menores valores de iluminância registrados nesse horário.

Entre as 09h00min e as 15h00min, os raios solares incidem mais perpendicularmente na superfície terrestre. Consequentemente, observa-se os maiores valores médios de iluminância durante esse período.

No final da tarde, por volta das 18h00min, o sol começa a se pôr, e os raios solares novamente assumem uma trajetória mais inclinada. Foi resultante em uma diminuição gradual da intensidade de luz, refletindo nos menores valores médios de iluminância registrados nesse horário. A variação nos níveis de iluminância em diferentes ambientes de trabalho pode ter

implicações significativas para o bem-estar e desempenho dos trabalhadores. A iluminância adequada é crucial para diversas atividades, impactando não apenas a saúde ocular, mas também influenciando o humor, a produtividade e a segurança (Couto, 1995; Silva, 1999).

Ambientes com elevados valores de iluminância podem proporcionar um conforto visual superior, facilitando a realização de tarefas visuais com maior precisão e menor esforço. No entanto, iluminâncias excessivamente altas podem causar desconforto e ofuscamento, prejudicando a visão e o bem-estar.

Neste sentido, segundo os autores Shen e Tzempelikos (2012), o valor de 1000 lux pode ser considerado seguro para evitar qualquer tipo de desconforto na visão do trabalhador. Dessa forma, evidenciou-se que, entre os horários das 08h00min e 15h00min, todas as instalações apresentaram faixas de valores superiores ao limite de conforto.

Destacou que ambientes com iluminância adequada, especialmente durante as atividades que exigem concentração e atenção aos detalhes, podem promover níveis mais altos de produtividade. A iluminação insuficiente, por outro lado, pode resultar em fadiga visual, dificuldades na execução de tarefas e potencial queda no desempenho (Couto, 1995).

A NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) define limites mínimos de iluminância para cada tipo de trabalho. Para atividades com pouca precisão ou trabalhos grosseiros, como é o caso das atividades realizadas nas instalações avaliadas, o valor mínimo deve ser de 200 lux. Neste sentido, observou-se que todos os ambientes atenderam a exigência mínima, visto que o menor valor médio determinado foi de 200 lux (*FS* às 05h00min; Figura 6).

Este resultado revelou um ponto positivo para o bem-estar dos trabalhadores, visto que ambientes com iluminação inadequada podem aumentar o risco de acidentes. A visibilidade é essencial para a segurança no local de trabalho (Couto, 1995; Silva, 1999).

Outro ponto a ser mencionado é a variação nos níveis de iluminância entre diferentes ambientes de trabalho. Este fator pode criar disparidades no conforto visual percebido pelos trabalhadores. Esforços devem ser feitos para minimizar grandes discrepâncias, garantindo que todos os espaços de trabalho ofereçam condições visuais apropriadas (Batista et al., 2014).

### **3.3. Avaliação biomecânica**

Para cada uma das atividades avaliadas, os resultados das análises das forças aplicadas nas articulações e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores serão apresentados. Além disso, serão fornecidos os percentuais de capacidade para cada uma das articulações, destacando a influência das atividades sobre a saúde musculoesquelética dos colaboradores.

De acordo com Schettino et al., (2019) e Soranso et al., (2023), cada atividade é avaliada quanto à possibilidade de desenvolvimento de lesões nas articulações devido à carga de trabalho. Na apresentação dos resultados, será utilizada a abreviação SR, a qual refere-se a "Sem Risco de Lesão nas Articulações", indicando que mais de 99% dos trabalhadores conseguem suportar a carga da atividade sem risco para as articulações envolvidas. Já a abreviação "CLR", que significa "Carga Limite Recomendada Ultrapassada", aponta que menos de 99% dos trabalhadores conseguem suportar a carga imposta pela atividade sem risco para as articulações envolvidas.

Ressalta-se que a avaliação biomecânica do trabalhador durante a realização de uma tarefa ou atividade objetiva atenuar ou, quando possível, erradicar os danos à sua saúde decorrentes de posturas inadequadas ou da aplicação de forças excessivas. Adicionalmente, busca-se a prevenção do desperdício energético, almejando otimizar a eficiência nas atividades laborais e salvaguardar a integridade física ao longo da trajetória profissional (Alves, 2001; Hall, 2013; Torres et al., 2014; Schettino et al., 2021; Soranso et al., 2021).



Chafin (2001), Couto (2014), Soranso et al., (2023), Schettino et al., (2021), enfatizam que os discos intervertebrais resistem mais seguramente às forças de compressão de até 3426 N, ou seja, os riscos de lesão nestes discos são mínimos, quando se respeita este limite. Por outro lado, os discos basicamente não suportam força de compressão superior a 6400 N. Desta forma, os valores situados entre 3400 N e 6400 N apresentam riscos a saúde do trabalhador e devem ser evitados.

### 3.3.1. Atividade de ordenha dos sistemas *CB* e *FS*

No Quadro 1, está apresentado resumo da análise biomecânica das posturas adotadas pelos colaboradores durante a ordenha nos sistemas *CB* e *FS*. Nesse contexto, considerou-se a postura adotada pelos trabalhadores durante a atividade de ordenha nos respectivos sistemas *CB* e *FS*, nas atividades de limpeza e lavagem da sala de ordenha, apresentadas no Quadro 3.1. Para cada uma dessas tarefas, foram detalhadas a postura estática selecionada e a imagem correspondente de maior predominância na atividade.

No Quadro 1, destaca-se a percentagem de trabalhadores capazes de suportar a carga imposta pela atividade em análise sem risco de lesões (SRL) às articulações envolvidas. Adicionalmente, são apresentadas as forças de compressão L5/S1 da coluna vertebral.

**Quadro 1.** Resultado da Avaliação Biomecânica dos colaboradores da Unidade de Produção de Leite, durante atividade de ordenha dos animais nos sistemas *CB* e *FS*.

Postura Estática Seleccionada Para Análise			Porcentagem de trabalhadores capazes de suportar a carga imposta sem risco de lesões (%) e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1	
Atividade ordenha sistema <i>CB</i>				
Descrição da imagem	Postura	Condição de suportar a carga	Articulações	%
Representação obtida por meio da seleção de imagens, que permite identificar a posição mais frequente do ordenhador durante a atividade de ordenha no respectivo sistema.		SRL	Punho	99
			Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	95
			Quadril	98
			Joelho	95
			Tornozelo	97
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	1191
Atividade ordenha sistema <i>FS</i>				
Descrição da imagem	Postura	Condição de suportar a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico, que permite identificar a posição mais recorrente do ordenhador durante a execução da atividade de ordenha no sistema em questão.		SRL	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	99
			Quadril	97
			Joelho	99
			Tornozelo	99
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	1266

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Consoante à metodologia empregada e às condições analisadas, constatou-se que a atividade de ordenha, tanto no sistema *CB* quanto no *FS*, não apresentaram riscos de lesão nas articulações do punho, cotovelo, ombro, tronco, quadril, joelho e tornozelo. Evidenciando que, 95% a 100% dos trabalhadores são capazes de desempenhar essa atividade sem riscos de lesões às articulações de punho, cotovelo, ombro, tronco, quadril, joelho e tornozelo.

Observou-se que, a força de compressão no disco L5/S1, derivada da análise da postura estática, foi de 1191 N para o sistema *CB* e 1266 N para o *FS*, sendo estes considerados valores inferiores ao limite, que é de 3426 N., ou seja, mediante estes resultados pode-se inferir que não há risco de lesão da L5-S1 na atividade de ordenha.

Conforme enfatizado por Enez et al., (2014) e Schettino et al., (2021) e Soranso et al., (2023), os valores elevados de força de compressão no disco L5-S1 são intrinsecamente derivados das particularidades inerentes a cada atividade laboral. Estas atividades impõem aos indivíduos a realização de tarefas fundamentadas em um modelo biomecânico que demanda a adoção de posturas atípicas, além da repetição de movimentos como dobrar, ajoelhar e reassumir uma postura ereta. Adicionalmente, essas demandas biomecânicas estão intimamente associadas ao manuseio de cargas, implicando um considerável esforço físico.

Destaca-se que, em virtude da mecanização do setor, a carga suportada pelos trabalhadores nesta atividade é praticamente insignificante, uma vez que não envolve o manuseio direto de pesos durante as operações. Vale ressaltar, no entanto, que as análises conduzidas pelo software não incorporam a consideração das repetições de movimentos, isto é, os riscos de lesões decorrentes de atividades repetitivas não são contemplados nessas análises.

Tal observação ganha importância levando em consideração os padrões estabelecidos pela NR - 17, que trata especificamente de questões relacionadas ao levantamento no ambiente de trabalho, englobando atividades como o transporte e descarga individual de materiais. Conforme preconiza a NR -17, o manejo de cargas deve ser criteriosamente planejado e executado, considerando princípios ergonômicos que visam garantir a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos colaboradores. É imprescindível observar e implementar as diretrizes contidas na norma, ainda que, nas circunstâncias mencionadas, a ênfase esteja na automatização das tarefas, minimizando, assim, a carga física direta sobre os trabalhadores.



De acordo com a NR 17, com redação determinada pela Medida Provisória nº 3.751/1990:

“Nota: Item 17.1.2 da NR 17 alterado pelo art. 1º da Portaria MTPS nº 3.751/1990. Redação Original: 17.1.2 - O levantamento individual de 40 kg (quarenta quilogramas) e o peso máximo que um empregado adulto pode levantar, ressalvadas as disposições relativas ao trabalho do menor e da mulher”.

### 3.3.2. Atividade de limpeza da sala de ordenha Sistema *CB*

Os principais resultados da análise biomecânica para as posturas estáticas ligadas às atividades de limpeza da sala de ordenha no sistema *CB* estão apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2.** Resultado da avaliação biomecânica das atividades realizadas limpeza da sala de ordenha do sistema *CB*.

Postura Estática Selecionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1	
Atividade de limpeza da sala de ordenha sistema <i>CB</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suportar a carga	Articulações	%
Posição que documenta a posição habitual do colaborador durante as atividades de limpeza dos utensílios e ferragens na sala de ordenha do sistema <i>CB</i> .		SRL	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	93
			Quadril	89
			Joelho	93
			Tornozelo	91
			Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	1501
Atividade de limpeza da sala de ordenha sistema <i>CB</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suportar a carga	Articulações	%
Posição que destaca a postura habitualmente adotada pelo colaborador durante a limpeza da sala de ordenha. É relevante destacar que o colaborador emprega uma mangueira para executar essa atividade		SRL	Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	100
			Quadril	87
			Joelho	99
			Tornozelo	99
			Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	1149

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com base nas análises realizadas, observou-se que os riscos de lesões nas articulações dos membros, como punho, cotovelo, ombro, e joelho, durante a atividade de limpeza e lavagem da sala de ordenha no sistema *CB*, encontravam-se dentro dos limites aceitáveis.

Os riscos de lesões nos discos vertebrais L5/S1 foram quantificados entre 1501N e 1149 N, respectivamente. Esses resultados sugerem que tais valores situam-se abaixo do limite estabelecido, que é de 3.426 N. Dessa forma, as forças de compressão atuantes nesses discos demonstraram-se inferiores ao critério preconizado, ou seja, não há risco de lesão nesta região.

Com base nos resultados obtidos, a postura adotada pelo trabalhador durante a execução da lavagem dos utensílios na sala de ordenha revelou um comprometimento mais acentuado para a articulação do quadril, com uma porcentagem entre 87% e 89% de colaboradores capazes de executar a tarefa sem risco de lesão. Nessa posição específica, observou-se que o colaborador desenvolveu uma curvatura da coluna para realizar a limpeza dos utensílios, contudo não houve a manipulação de cargas.

### 3.3.3. Atividade de limpeza da sala de ordenha Sistema *FS*

No Quadro 3 são listados os resultados da análise biomecânica associada às atividades de limpeza da sala de ordenha no sistema *FS*. Este quadro detalha os riscos de lesões nas articulações dos trabalhadores durante a execução específica dessa tarefa.



Similarmente ao sistema *CB*, observou-se que os riscos de lesões nas articulações dos membros, abrangendo punho, cotovelo, ombro e joelho, durante a atividade de limpeza e lavagem da sala de ordenha no sistema *FS*, encontravam-se dentro dos limites aceitáveis. Os riscos de lesões nos discos L5/S1 foram quantificados entre 1678 N e 1091N, indicando valores inferiores ao limite estabelecido de 3.426 N.

Entretanto, as análises revelaram que, de maneira análoga ao sistema *CB*, as articulações do tronco e quadril durante a execução das tarefas de limpeza dos utensílios, apresentaram os mais elevados riscos de lesões, atingindo 85% e 79% de capazes, respectivamente.

Este índice supera o identificado no sistema *CB*, sugerindo uma possível correlação com a rusticidade da sala de ordenha no sistema *FS* da UPA em comparação ao sistema *CB*. Neste sentido, os colaboradores atuantes na limpeza da sala de ordenha no sistema *FS*, relataram dores nas costas e ombros

Numa análise abrangente, constatou-se um baixo índice de lesões nos discos L5/S1 durante as atividades relacionadas à ordenha dos animais e à limpeza das instalações. Nos diversos segmentos corporais avaliados, verificou-se um baixo índice de lesões nos discos vertebrais L5/S1. A articulação que apresentou a maior possibilidade de desenvolvimento de lesão foi o tronco, devido à necessidade do colaborador se curvar para realizar a limpeza dos utensílios da sala de ordenha.

**Quadro 3.** Resultado da avaliação biomecânica para atividades da limpeza da sala de ordenha do sistema *FS*.

Postura Estática Seleccionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos L5/S1	
Atividade de limpeza dos utensílios e equipamentos da sala de ordenha do sistema <i>FS</i>			Articulações	%
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suportar a carga		
Representação adquirida por meio de registro fotográfico, capturando imagens selecionadas para identificar posição habitual do colaborador durante as atividades de limpeza dos utensílios e equipamentos na sala de ordenha do sistema <i>FS</i>		SRL	Punho	99
			Cotovelo	100
			Ombro	98
			Tronco	85
			Quadril	79
			Joelho	99
			Tornozelo	93
			Força de compressão(N) no disco vertebralL <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	1678
Atividade de limpeza com mangueira do piso e equipamentos da sala de ordenha do sistema <i>FS</i>			Articulações	%
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suportar a carga		
Representação adquirida por meio de registro fotográfico, capturando imagens selecionadas para identificar postura habitualmente adotada pelo colaborador durante a limpeza da sala de ordenha. É relevante destacar que o colaborador emprega uma mangueira para executar essa atividade		SRL	Punho	97
			Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	99
			Quadril	98
			Joelho	98
			Tornozelo	99
			Força de compressão (N) no disco vertebralL <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	1091

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.3.4. Atividades de limpeza e raspagem do sistema *CB*

Os resultados da análise biomecânica referente às posturas estáticas associadas às atividades de manejo do sistema *CB*, raspagem de resíduos no corredor de alimentação e pista de trato destinadas ao sistema *CB*, estão apresentados no Quadro 4.



Nas posturas associadas à tarefa de raspagem do corredor de alimentação e à limpeza do sistema *CB*, observou-se, como potenciais fontes de riscos para lesões nas articulações do quadril e tornozelo. Para a atividade de raspagem, observou-se consideráveis riscos articulações do quadril e tornozelo (79% capazes) e (78% capazes) respectivamente.

No que tange à limpeza da pista de trato dos animais, a articulação do quadril foi mais suscetível a lesões, com uma incidência de (89% de capazes). Em contrapartida, as articulações do punho, cotovelo, ombro, tronco e joelho não apresentaram risco apreciável de lesão durante a realização dessas atividades.

Apesar das consideráveis forças de compressão registradas nos discos L5/S1, alcançando valores de 2051 N para a atividade de raspagem e 2624 N para a limpeza da pista de trato, tais valores ainda permanecem abaixo do limiar considerado crítico (3426 N).

Couto (2014), preconiza que as atividades laborais que demandam sobrecarga física incidem no quadril têm o potencial de ocasionar lesões nos músculos, ligamentos e tendões. O autor ressalta que essa sobrecarga pode, inclusive, comprometer a integridade estrutural óssea do trabalhador, manifestando-se em inflamações articulares, entorses, tendinites e outros problemas. Este cenário, por sua vez, propicia o afastamento do trabalhador e contribui para o aumento do índice de absenteísmo.

**Quadro 4.** Resultado da avaliação biomecânica para as atividades de manejo dos animais (raspagem do corredor de alimentação e pista de trato) nos sistemas *CB*.


<b>Postura Estática Selecionada Para Análise</b>			Trabalhadores capazes (%) desuportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos L5/S1	
<b>Atividade de raspagem do corredor de alimentação do sistema <i>CB</i></b>				
<b>Descrição da Imagem</b>	<b>Postura</b>	<b>Condição de Suporta a carga</b>	<b>Articulações</b>	<b>%</b>
Representação adquirida por meio de registro fotográfico, capturando imagens selecionadas para identificar a posição habitual do colaborador durante as atividades de Raspagem do corredor de alimentação do sistema <i>CB</i> .		<b>SRL</b>	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	97
			Quadril	79
			Joelho	91
			Tornozelo	78
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	<b>2051</b>
<b>Atividade de limpeza da pista de trato sistema <i>CB</i></b>				
<b>Descrição da Imagem</b>	<b>Postura</b>	<b>Condição de Suporta a carga</b>	<b>Articulações</b>	<b>%</b>
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a posição habitual do colaborador durante as atividades de limpeza pista de trato dos animais sistema <i>CB</i> .		<b>SRL</b>	Punho	99
			Cotovelo	100
			Ombro	100
			Tronco	97
			Quadril	89
			Joelho	91
			Tornozelo	99

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.3.5. Atividades de limpeza e raspagem do sistema *FS*

As atividades ligadas à limpeza e raspagem do sistema *FS* foram submetidas à análise biomecânica e os resultados são apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5.** Resultado da avaliação biomecânica das atividades de limpeza do sistema *FS*.

Postura Estática Selecionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos L5/S1.	
Atividade de limpeza da instalação <i>FS</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de suportar a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a posição habitual do colaborador durante a Execução da atividade de limpeza da instalação <i>FS</i> .		SRL	Punho	98
			Cotovelo	100
			Ombro	100
			Tronco	100
			Quadril	97
			Joelho	99
			Tornozelo	98
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	794

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.3.6. Atividades relacionadas a limpeza dos bebedouros e reposição de areia no sistema *FS*



No Quadro 6, é possível visualizar o resumo da análise biomecânica associada às tarefas de manejo no sistema *FS*, que incluem a limpeza dos bebedouros e a reposição de areia. Nestas tabelas, são destacados os riscos de lesões nas articulações dos trabalhadores, examinando suas posturas de maneira estática em relação aos registros fotográficos.

Após a conclusão da análise, constatou-se que as atividades de limpeza dos bebedouros no sistema *FS* apresentaram riscos reduzidos de lesões, com percentuais variando entre 92% e 100%. Este resultado reflete um baixo índice de impacto nas articulações, abrangendo articulações como punho, cotovelo, ombro, tronco, quadril, joelho e tornozelo. Durante a execução dessas tarefas, notou-se que a inclinação dos membros superiores permaneceu em valores moderados, contribuindo para uma incidência reduzida de lesões articulares. Além disso, as forças de compressão nos discos vertebrais analisadas mantiveram-se abaixo do limite considerado, registrando um valor de 788 N.

Para a atividade de reposição de areia do sistema *FS* os riscos de lesões das principais articulações, punho, cotovelo, ombro, quadril, joelho, foram considerados baixos apresentando média de 98 % de colaboradores capazes de executar essa atividade sem risco de lesão. As

articulações de tronco e tornozelo foram que apresentaram maiores risco de lesão nas articulações com valores correspondentes entre 79% e 71%, respectivamente. O risco de lesão à coluna vertebral para as posturas analisadas referentes a essas atividades dos trabalhadores também foi considerado baixo, uma vez que a carga de compressão atuante nos discos ficou abaixo de 3436 N.

**Quadro 6.** Resultados da análise biomecânica relacionada às atividades de limpeza dos bebedouros e reposição de areia do sistema *FS*.

Postura Estática Seleccionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1	
Atividade de limpeza dos bebedouros sistema <i>FS</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a posição habitual do colaborador durante a limpeza dos bebedouros do sistema <i>FS</i> .		SRL	Punho	98
			Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	99
			Quadril	95
			Joelho	92
			Tornozelo	97
			Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	<b>788</b>
Atividade de reposição de areia sistema <i>FS</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a posição habitual do colaborador durante a reposição de areia do sistema <i>FS</i> .		SRL	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	79
			Quadril	98
			Joelho	99
			Tornozelo	71
Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	1531			



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.3.7. Atividade relacionada aos tratos e manejo dos animais no sistema *CB*

No Quadro 7, segue o resumo da análise biomecânica das atividades desempenhadas pelos colaboradores quanto ao trato e manejo dos animais no sistema *CB*.



**Quadro 7.** Resultado da análise biomecânica das atividades desempenhadas pelos colaboradores relacionadas ao e trato dos animais nos sistemas *CB*.

Postura Estática Selecionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1.	
Atividade de alimentação das bezerras do sistema <i>CB</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico documentando a posição habitual do colaborador durante a alimentação de bezerras no bezerreiro do sistema <i>CB</i> ..		SRL	Punho	98
			Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	99
			Quadril	47
			Joelho	38
			Tornozelo	58
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	<b>2393</b>
Atividade de casqueamento dos animais <i>CB</i>				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico documentando a posição habitual do colaborador durante a atividade de casqueamento dos animais no sistema <i>CB</i> ..		SRL	Punho	95
			Cotovelo	99
			Ombro	98
			Tronco	93
			Quadril	73
			Joelho	5
			Tornozelo	99
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	2526

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Através da análise biomecânica, evidenciou que 98% dos trabalhadores demonstraram capacidade para realizar a atividade de alimentação das bezerras sem apresentar riscos de lesões nas articulações do punho. Além disso, constatou-se que 99% destes profissionais são capazes de desempenhar essa tarefa sem riscos de lesão nas articulações do dorso, ombro e tronco. Não foi identificado nenhum risco de lesão nas articulações do cotovelo durante a execução dessa atividade (100 % dos capazes em realizar as atividades).

No que diz respeito às articulações do quadril, verificou-se que 47% dos capazes conseguem realizar a atividade sem apresentar risco de lesão. Quanto às articulações do joelho, essa porcentagem foi de 38%, enquanto nas articulações do tornozelo foi de 58%. É relevante destacar que, ao analisar a carga de compressão em L5/S1, constatou-se que o valor registrado foi de 2393 N, permanecendo abaixo da carga máxima considerada de compressão, que é de 3.436 N.

Já a postura do trabalhador durante o casqueamento dos animais (procedimento essencial no manejo bovino que envolve a inspeção, corte e modelagem das unhas ou cascos dos animais). Durante a execução desta tarefa, observou-se que os colaboradores enfrentam desafios para desempenhá-la sem risco de lesão nas articulações do joelho e quadril. Apenas 5% demonstraram capacidade de realizar a tarefa sem risco na articulação do joelho, enquanto 73% apresentaram essa capacidade na articulação do quadril.



Essa análise destaca a necessidade de considerar estratégias ergonômicas específicas para minimizar os riscos associados a essas articulações durante a realização da atividade. Contudo, sugere-se a exploração de alternativas visando modificar as posturas adotadas pelos trabalhadores durante essa tarefa, com o propósito de minimizar os riscos associados à saúde das articulações do joelho e quadril.

Verificou-se que, por meio dos resultados da análise biomecânica que, na execução desta atividade, a maioria dos participantes apresentou baixo risco de lesão, com no mínimo 93% demonstrando habilidade para realizar a atividade sem comprometer as articulações analisadas (punho, cotovelo, ombro, tronco, quadril e tornozelo). Além disso, as forças de compressão atuantes nos discos e em L5/S1 permaneceram abaixo da carga limite considerada, estabelecida em 3.436 N.

### 3.3.8. Atividades relacionadas aos tratos e manejo dos animais no sistema *FS*

As principais informações da análise biomecânica relacionadas as posturas estáticas durante as atividades de trato e manejo dos animais no sistema *FS*, estão alocadas no Quadro 8.

**Quadro 8.** Resultado da análise biomecânica das atividades desempenhadas pelos colaboradores relacionadas ao e trato dos animais nos sistemas *FS*.

Postura Estática Seleccionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1	
Atividade de alimentação das bezerras do sistema <i>FS</i>			Articulações	%
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga		
Representação adquirida por meio de registro fotográfico documentando a posição habitual do colaborador durante a alimentação de bezerras no bezerreiro do sistema <i>FS</i> .		SRL	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	96
			Tronco	98
			Quadril	96
			Joelho	98
			Tornozelo	84
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	1250
Atividade de casqueamento dos animais no sistema <i>FS</i>			Articulações	%
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga		
Registro fotográfico documentando a posição habitual do colaborador durante a atividade de casqueamento dos animais no sistema <i>FS</i> .		SRL	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	99
			Quadril	81
			Joelho	29
			Tornozelo	78
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	2811

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A análise biomecânica realizada na atividade de alimentação das bezerras no sistema *FS* revelou níveis reduzidos de risco de lesão, com percentuais entre 96% e 98% dos trabalhadores capazes de desempenhar a tarefa sem comprometer as articulações do punho, cotovelo, ombro, tronco, quadril e joelho. Além disso, constatou-se que os riscos de lesão aos discos vertebrais L5/S1 são mínimos, uma vez que as forças de compressão atuantes permaneceram abaixo do valor limite estabelecido em 3.426 N.

Esses resultados apontam para uma abordagem ergonomicamente favorável durante a execução da mencionada atividade. Durante a execução da tarefa, foi observado um aumento

no risco de lesão na articulação do tornozelo, evidenciando que 84% dos trabalhadores são capazes de realizar essa atividade sem apresentar tal risco.

No que diz respeito à atividade de casqueamento dos animais, observou-se que a força de compressão atuante no disco L5/S1 foi de 2811 N, inferior ao limite considerado de 3436 N. Ressalta-se que, entre as diversas atividades avaliadas pela análise biomecânica, o casqueamento dos animais apresentou os valores mais elevados de força de compressão no disco L5-S1 da coluna, que podem estar associados a posturas inadequadas durante a atividade. Esses achados indicam a necessidade de atenção e possíveis ajustes ergonômicos para otimizar a segurança durante essa prática específica, de modo a amenizar o aumento desse percentual.

Rio e Pires (2001) e Couto (2014) salientam que valores superiores a 2800 N podem indicar um pré-risco de lesão para o colaborador, embora permaneçam abaixo do limite estabelecido de 3436 N. Esses autores destacam que posturas inadequadas, manuseio incorreto e o levantamento de cargas excessivas são fatores contribuintes para a degeneração dos discos articulares. A coluna lombar, ao sustentar o tronco, torna-se especialmente suscetível a esses impactos, resultando em uma maior incidência de dor. Essas informações sublinham a importância de práticas ergonômicas adequadas e o manejo cuidadoso de cargas para preservar a saúde da coluna lombar. Couto (2002), afirma que nessa situação o disco vertebral, quando submetido a uma força de compressão elevada, mesmo inferior a carga limite, fica sujeito a sofrer distúrbios osteomusculares.

Ao analisar os riscos de lesões nas articulações associadas à atividade avaliada, observou-se uma tendência desfavorável, especialmente nos membros inferiores. Apenas 29% dos trabalhadores demonstraram capacidade de desempenhar essa atividade sem oferecer risco de lesão no joelho, enquanto 78% e 81% apresentaram essa capacidade nas articulações do tornozelo e quadril, respectivamente.



Já em relação aos membros superiores, nas condições examinadas, observou-se um panorama mais favorável, quando comparado aos membros inferiores. Desse modo, 98% dos trabalhadores demonstraram capacidade de realizar essa tarefa sem apresentar riscos de lesão nas articulações do punho. Ademais, 99% destes profissionais apresentaram essa habilidade sem riscos às articulações do cotovelo, ombro e tronco.

### 3.3.9. Atividades ligadas a operação de conjunto mecanizado nos sistemas *CB* e *FS*

No Quadro 9, encontram-se os registros fotográficos que documentam as posturas assumidas durante as operações com conjunto mecanizado nos sistemas *CB* e *FS* destinadas à

realização de tarefas específicas. Cada imagem retrata a postura representativa crítica adotada pela maioria dos trabalhadores durante a execução das referidas tarefas.

**Quadro 9.** Resultado da avaliação biomecânica para a atividades realizadas com conjunto mecanizado (revolvimento da cama sistema *CB*, alimentação dos animais sistemas *CB* e *FS*).

Postura Estática Seleccionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1	
Atividade de revolvimento de cama sistema <i>CB</i> com uso de máquinas agrícolas			Articulações	%
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga		
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a postura rotineira do colaborador durante o procedimento de revolvimento de cama, empregando trator e escarificador.		SRL	Punho	98
			Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	100
			Quadril	99
			Joelho	42
			Tornozelo	64
			Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	2593
Atividade de alimentação dos animais na UPA, com a utilização de trator agrícola			Articulações	%
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga		
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a postura habitual dos colaboradores durante o processo de alimentação dos animais nos sistemas <i>FS</i> e <i>CB</i> , trator agrícola.		SRL	Punho	98
			Cotovelo	99
			Ombro	97
			Tronco	99
			Quadril	98
			Joelho	20
			Tornozelo	40
			Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	2353

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Ao discorrer os resultados da avaliação biomecânica dos colaboradores, é imperativo salientar que o software empregado nas análises não considerou a postura executada durante a atividade em relação ao assento do maquinário. Esta lacuna de análise teve impacto direto nas considerações dos resultados obtidos.

Ao analisar os potenciais riscos de lesões articulares associados à atividade em questão, identificou-se um risco notável de lesões nos membros inferiores (joelho e no tornozelo), durante a execução da tarefa. As operações com conjuntos mecanizados, em particular as relacionadas ao revolvimento da cama com a operação do trator, apresentaram riscos significativos nessas articulações, com percentuais de risco de 42% e 64% para joelho e tornozelo, respectivamente.

Importante ressaltar que as articulações de punho, cotovelo, ombro, tronco e quadril não demonstraram risco de lesão. Na atividade de alimentação, que envolve o uso de maquinário agrícola, as articulações do joelho e tornozelo foram identificadas como as áreas com maior predição de lesões, atingindo (20% capazes) e (40%, capazes) respectivamente.

Além disso, ao analisar a força de compressão exercida sobre o disco L5-S1 da coluna vertebral durante as atividades, observou-se que os valores permaneceram abaixo do limite máximo recomendado pelo modelo 3DSSPP<sup>TM</sup>. Em particular, para a atividade de revolvimento de cama, a força de compressão foi de 2593 N, e para a atividade alimentação dos animais com a utilização de tratores agrícolas, foi de 2353 N. Ambos os valores estão abaixo do limite estabelecido em 3.426 N. Esses resultados sugerem a ausência de um risco significativo de lesões nas articulações da coluna vertebral para os trabalhadores durante essa fase específica das atividades.

Ao considerar que os valores referentes à região L5-S1 se apresentaram superiores aos das outras atividades em estudo, é pertinente destacar que, de acordo com Dull Weerdmeester (2004), a maior força de compressão no disco da coluna vertebral está diretamente relacionada à postura adotada pelo trabalhador. Em outras palavras, quanto mais distante da posição de neutralidade funcional ou anatômica (posição que não demanda esforço significativo da musculatura ou articulações), mais prejudicial é a posição, acarretando riscos potenciais para o desenvolvimento de doenças.

Os estudos de avaliação biomecânica conduzidos por Ribeiro et al., (2015) e Sandi et al., (2018) com motoristas de caminhão e tratores no setor rural, evidenciaram a exaustividade inerente à perpetuação de posturas inadequadas, impondo uma carga estática significativa à musculatura dos membros inferiores, notadamente nas articulações do joelho e tornozelo.

Os autores ressaltam a importância de considerar que, embora os riscos associados ao desenvolvimento de lesões osteoarticulares em motoristas de caminhão e operadores de maquinários agrícolas sejam estatisticamente reduzidos, não devem ser negligenciados. Estes riscos, ainda que de magnitude reduzida, podem resultar em diferentes graus de incapacidade,

acarretando despesas consideráveis que abrangem afastamentos laborais, compensações financeiras, tratamentos médicos e processos de reintegração ao ambiente de trabalho.

Iida (2005) delimita que as posturas habituais dos trabalhadores que operam máquinas agrícolas demandam contrações musculares contínuas e prolongadas, exercendo impacto significativo no fluxo sanguíneo nos músculos. Esse fenômeno compromete a eficiência do transporte de oxigênio e nutrientes, ao mesmo tempo em que prejudica a eliminação dos resíduos metabólicos locais. O acúmulo desses resíduos culmina em manifestações clínicas, tais como dor aguda e fadiga muscular, acentuando a importância da atenção às práticas posturais na preservação da saúde ocupacional.

É fundamental observar rigorosamente as pausas regulamentares e os limites de jornada de trabalho estipulados pela legislação, a fim de assegurar a preservação da saúde e segurança dos motoristas de maquinários agrícolas. O cumprimento dessas normas desempenha um papel crucial na promoção de ambientes laborais saudáveis e na prevenção de riscos ocupacionais.

### 3.3.10. Atividades desempenhadas na Fábrica de Ração



Para cada uma das atividades avaliadas na fábrica de ração da UPA, os resultados das análises incluem as forças aplicadas nas articulações e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores. Além disso, são fornecidos os percentuais de capacidade para cada uma das articulações analisadas, conforme ilustrado nos Quadro 10 e 11.

Com base nos resultados obtidos na fábrica de ração, constatou-se que os valores de força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, decorrentes de todas as atividades desenvolvidas, permaneceram abaixo do limite máximo recomendado pelo modelo 3DSSPP™ estabelecido em 3426 N.

Ao analisar todas as atividades da UPA, verificou-se que as tarefas desempenhadas na fábrica de ração destacaram-se pelas maiores médias de força de compressão. Em particular, a atividade de carregamento de sacos de ração, com um peso médio de 40 kg, evidenciou a carga mais significativa no disco L5-S1, atingindo 2910 N.

Nessa postura crítica, o trabalhador apresentou curvatura da coluna para realizar o deslocamento da carga. Desta forma, buscando prevenir possíveis lesões é essencial que o treinamento dos trabalhadores incorpore cuidados específicos com a postura durante a execução das operações, assim como adoção de empilhadeiras de modo a facilitar o manuseio.

**Quadro 10.** Resultado da avaliação biomecânica para o revolvimento da ração no moedor desenvolvido na Fábrica de Ração da UPA.



Postura Estática Seleccionada Para Análise			Trabalhadores capazes (%) de suportar a carga imposta sem risco de lesões e forças de compressão (N) atuantes nos discos e L5/S1	
Atividade de revolvimento da ração no moedor				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de Registro fotográfico que documenta a postura rotineira do colaborador durante o processo de revolvimento da ração junto ao moedor fábrica de Ração.		SRL	Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	89
			Quadril	73
			Joelho	99
			Tornozelo	94
			Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	2609
Retirada da ração do Moedor				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a postura rotineira do colaborador durante o processo de retirada da ração do moedor.		SRL	Punho	99
			Cotovelo	100
			Ombro	99
			Tronco	99
			Quadril	98
			Joelho	97
			Tornozelo	94
Força de compressão (N) no disco vertebral L5-S1	1268			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Hall (2013) enfatiza que o deslocamento do centro de gravidade para fora do corpo resulta em forças excessivas de compressão sobre o disco L5-S1. Esses resultados sublinham a importância de uma abordagem cautelosa na execução de atividades que envolvem cargas substanciais, especialmente no que concerne à saúde da coluna vertebral dos colaboradores.

Outro ponto importante a se destacar é que nas atividades analisadas na Fábrica de Ração, verificou-se que nas articulações de tronco e quadril apresentaram os maiores índices de lesão, com valores entre 73% a 89%. Para Schettino et al., (2021), estes valores são decorrentes das particularidades das atividades, como posturas com o tronco inclinado e os braços esticados.

**Quadro 11.** Resultado da avaliação biomecânica para o ensacamento da ração desenvolvido na Fábrica de Ração da UPA.

Atividade de ensacamento da ração				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a postura rotineira do colaborador durante o processo de ensacamento da ração.		SRL	Cotovelo	99
			Ombro	99
			Tronco	84
			Quadril	73
			Joelho	99
			Tornozelo	94
			Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	<b>2069</b>
Atividade de carregamento do saco de ração				
Descrição da Imagem	Postura	Condição de Suporta a carga	Articulações	%
Representação adquirida por meio de registro fotográfico que documenta a postura rotineira do colaborador durante deslocamento do saco de ração.		SRL	Punho	98
			Cotovelo	100
			Ombro	100
			Tronco	80
			Quadril	81
			Joelho	95
			Tornozelo	99
Força de compressão (N) no disco vertebral L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>	<b>2910</b>			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.4. *Análise dos componentes principais em relação as variáveis ergonômicas nos diferentes ambientes de trabalhos avaliados no sistema CB e FS*

Na Tabela 4 estão listados os quatro componentes principais calculados a partir da Análise dos Componentes Principais (ACP) elaborada para a avaliação dos parâmetros ergonômicos em cada instalação estudada nesta pesquisa. Como é possível observar na referida tabela, os dois primeiros componentes principais (Dim1 e Dim2) explicam cerca de 53,0% da variância dos dados.

Dessa forma, por meio da ACP foi possível reduzir a dimensionalidade dos dados originais e capturar mais da metade da variabilidade dos parâmetros ergonômicos com apenas

essas duas dimensões, o que implica na possibilidade de desenvolver interpretação dos dados mais simples e ao mesmo tempo de forma mais eficiente e fidedigna.

**Tabela 4.** Componentes principais dos parâmetros ergonômicos para cada instalação avaliada.

Componentes da	Componentes Principais			
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4
Variância	2,70	1,53	1,37	1,00
Proporção (%)	33,81	19,20	17,13	12,49
Acumulada (%)	33,81	53,01	70,14	82,63
	Autovalores			
L5/S1	-0,79	0,22	-0,27	-0,21
Punho	-0,38	0,41	0,07	0,69
Cotovelo	-0,26	0,55	0,51	0,17
Ombro	-0,19	0,24	0,79	-0,29
Tronco	-0,21	-0,67	0,57	-0,13
Quadril	0,57	-0,44	0,22	0,53
Joelho	0,88	0,34	0,07	-0,05
Tornozelo	0,80	0,42	0,03	-0,23

Ao considerar o terceiro e o quarto componente principal (Dim3 e Dim4), verifica-se que a explicação da variação dos dados chega a 82,6%. Contudo, ao observar pontualmente, o Dim3 e Dim4, apresentam menores valores da explicação da variância, 17,1% e 12,5%, respectivamente.

Considerando este fato, para elaboração do gráfico tipo *biplot* (Figura 7) e as discussões seguintes foram apenas considerados os dois primeiros componentes (Dim 1 e Dim2), que representam a maior parte da variância dos dados. Os autovalores listados na Tabela 4 indicam a contribuição das variáveis ergonômicas (L5/S1, Punho, Cotovelo, Ombro, Tronco, Quadril, Joelho, Tornozelo) para cada um dos componentes principais apresentados.

Neste sentido, pode-se verificar que para o Dim1, os parâmetros mais importantes para sua formação foram o Joelho (0,88; correlação forte), Tornozelo (0,80; correlação forte), L5/S1 (-0,79; correlação forte) e Quadril (0,57; correlação moderada). Diante dessa conformação do Dim1, pode-se inferir que este componente principal está diretamente associado às articulações inferiores do corpo (Joelho, Tornozelo e Quadril) e inversamente associado às solicitações na articulação L5/S1.

De modo geral, pode-se dizer que maiores valores do Dim1 implicam em maior porcentagem de trabalhadores capazes de suportar as cargas impostas pela atividade sem risco de lesão nas articulações do joelho, do tornozelo e quadril. Além disso, quanto maior o Dim1 menores são as forças de compressão no disco L5/S1, a recíproca também é verdadeira.

Dessa forma, mediante a esta análise pode-se dizer que maiores valores do eixo Dim1 estão relacionados a menores chances de lesões nas articulações do joelho, tornozelo e quadril e, também à menores esforços de compressão no disco L5/S1.

Ao expandir esta análise para o Dim2, verifica-se que este componente principal foi formado com maior contribuição dos parâmetros Tronco (-0,67; correlação moderada) e Cotovelo (0,55; correlação moderada). Dessa forma, com base nas cargas fatoriais, pode-se inferir que o eixo Dim2 está mais associado a parâmetros ergonômicos relacionados ao Tronco e ao Cotovelo.

Neste sentido, maiores valores do eixo Dim2 estão relacionados a maior porcentagem de trabalhadores capazes de suportar as cargas impostas pela atividade sem risco de lesão nas articulações do cotovelo (devido a carga fatorial positiva) e, menor é essa porcentagem para o tronco (devido a carga fatorial negativa). Ou seja, maiores valores do Dim2 refletem menores riscos aos trabalhadores no que tange a lesão no cotovelo e maior risco de lesão no tronco. No Quadro 12 está apresentado a sistematização de todas as possíveis relações dos parâmetros ergonômicos com os dois primeiros componentes principais (Dim1 e Dim2).

**Quadro 12.** Sistematização das relações entre os parâmetros ergonômicos e os dois primeiros componentes principais da ACP (Dim1 e Dim2).

<b>Componente Principal</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Caracterização</b>
Dim1	Quanto maiores os valores	- Maior a porcentagem de trabalhadores capazes de suportar as cargas impostas pela atividade sem risco de lesão nas articulações joelho, tornozelo e quadril (Menor risco de lesões nestas articulações) - Menor compressão no disco L5/S1
	Quanto menores os valores	- Menor porcentagem de trabalhadores capazes de suportar as cargas impostas pela atividade sem risco de lesão nas articulações joelho, tornozelo e quadril (Maior risco de lesões nestas articulações) - Maior compressão no disco L5/S1

Quadro 12. Continuação.

Componente Principal	Magnitude	Caracterização
Dim2	Quanto maiores os valores	- Maior a porcentagem de trabalhadores capazes de suportar as cargas impostas pela atividade sem risco de lesão na articulação do cotovelo (Menor risco de lesões nesta articulação) e menor valor desta porcentagem para a articulação do tronco (Maior risco de lesão nesta articulação)
	Quanto menores os valores	- Menor a porcentagem de trabalhadores capazes de suportar as cargas impostas pela atividade sem risco de lesão na articulação do cotovelo (Maior risco de lesões nesta articulação) e maior valor desta porcentagem para a articulação do tronco (Menor risco de lesão nesta articulação)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

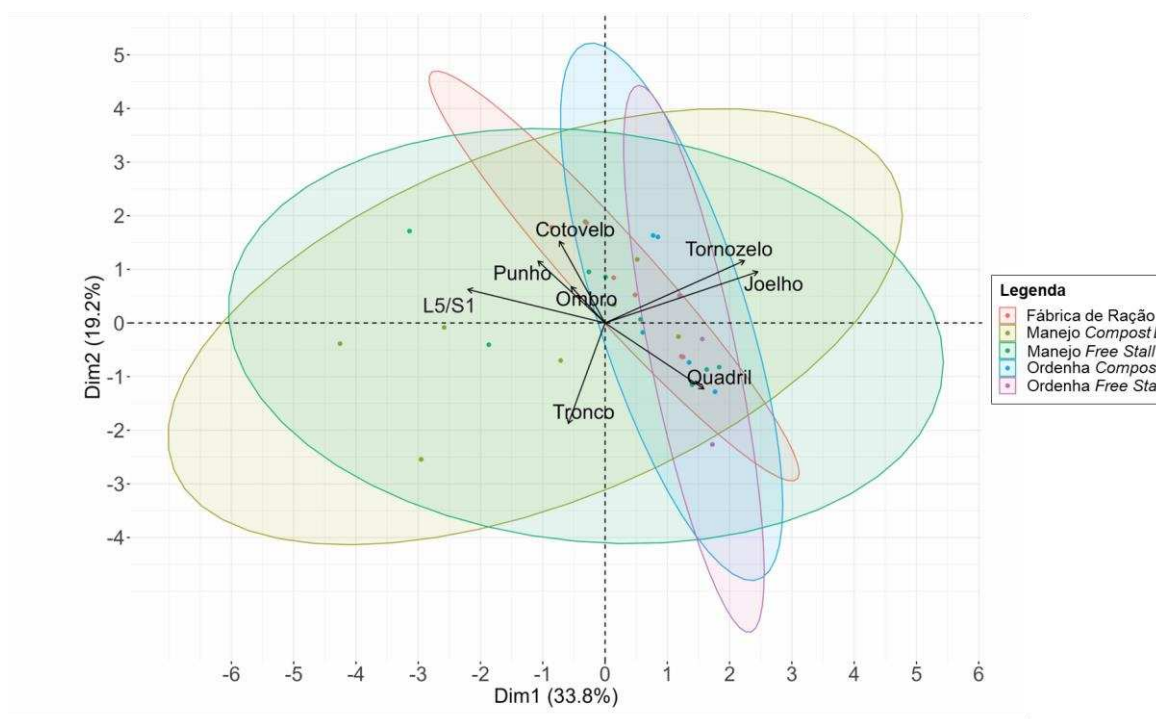
Diante das análises apresentadas é possível aprofundar no estudo dos ambientes de trabalho estudados nesta pesquisa. Para isso o gráfico *biplot* (Figuras 7 e 8) será utilizado como base, uma vez que permite visualizar simultaneamente as relações entre os parâmetros ergonômicos e os ambientes de trabalho. Desta forma, será possível estabelecer como os parâmetros ergonômicos estão relacionados aos diferentes ambientes de trabalho e quais são as principais características, do ponto de vista ergonômico, de cada ambiente avaliado.

Na Figura 7 está apresentado o gráfico tipo *biplot* com todos os valores dos parâmetros ergonômicos plotados e as elipses de concentração, as quais delimitam a área que é ocupada por 95% dos dados levantados no estudo.

Por meio deste gráfico é possível verificar como se deu a distribuição dos parâmetros ergonômicos em cada um dos ambientes avaliados. Desta forma, pode-se verificar que as atividades relacionadas ao manejo do sistema *CB* e do *FS* foram as atividades que apresentaram maior heterogeneidade, dado que suas elipses de concentração foram as que apresentaram maiores amplitudes, tanto no Dim1 como no Dim2.

Este resultado era esperado, uma vez que para nas atividades consideradas na categoria *MAN\_CB* (Manejo *Compost Barn*) e *MAN\_FS* (Manejo *Free Stall*) foram mais diversas, o que

se espera refletir em maior amplitude de resultados, podendo haver tarefas que exigem mais dos membros inferiores e outras dos membros superiores.

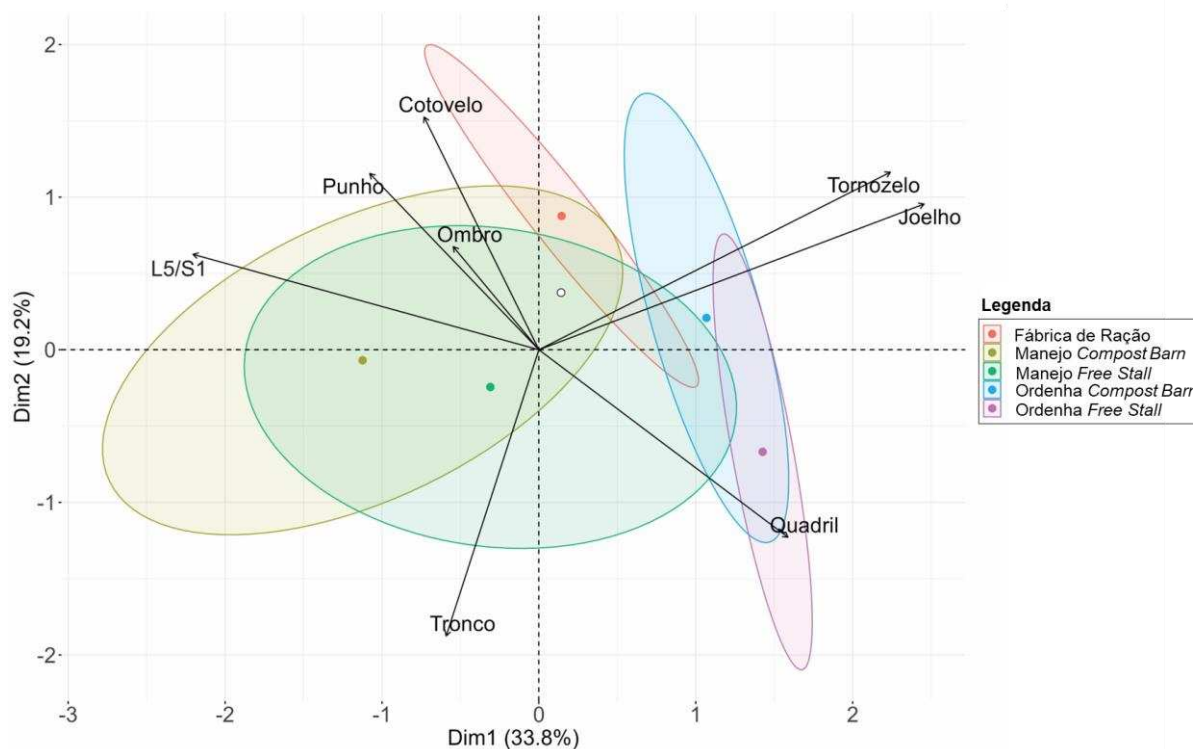


**Figura 7.** Gráfico tipo *biplot* dos dois primeiros componentes principais com elipses de 95% concentração. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Por outro lado, a atividade no ambiente de trabalho que se mostrou mais homogênea, quanto aos parâmetros ergonômicos, foi a fábrica de ração (FR), por apresentar menor área e comprimento da elipse de concentração. Para este ambiente, verifica-se que sua elipse de concentração ficou mais ao centro do gráfico, sendo mais alongada e com uma inclinação próxima à 45°. Isso implica que houve, aproximadamente, contribuições iguais dos eixos Dim1 e Dim2, demonstrando que nesta instalação as atividades apresentaram maiores riscos de lesão ora para as articulações do joelho, tornozelo, quadril e L5/S1 (quadrante 2) e ora somente para o cotovelo (quadrante 4)

As atividades desenvolvidas nos ambientes de trabalho da ordenha do CB e FS (ORD\_CB e ORD\_FS), também apresentaram elipses de concentração mais alongadas, contudo ambas com angulação mais próximas de 90°. Estas características implicam que as atividades nestes ambientes apresentaram predominância de esforços nas articulações dos membros superiores, ora os maiores riscos de lesões foram para o tronco (Dim2 positivo) e ora para o cotovelo (Dim2 negativo).

O gráfico ilustrado na Figura 8, apresenta para cada ambiente de trabalho a média dos parâmetros ergonômicos (pontos) e suas respectivas elipses de confiança de 95%. Esta elipse representa o intervalo numérico que com 95% de confiança contém o valor médio dos parâmetros ergonômicos de cada ambiente. Este gráfico apresenta um resumo dos dados, por apresentar os valores médios, é possível melhor avaliar a relação entre os ambientes de trabalho do ponto de vista ergonômico (posição das elipses de confiança).



**Figura 8.** Gráfico tipo *biplot* dos dois primeiros componentes principais com pontos médios para cada ambiente de trabalho e elipses de 95% de confiança da média. \*Ponto representa a média dos valores dos parâmetros ergonômicos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Conforme pode-se observar na Figura 8, as atividades de trabalho categorizadas como MAN\_CB e MAN\_FS foram as mais semelhantes entre si, por conta grande sobreposição das elipses. Estas atividades de trabalho apresentaram maior relação com Dim1, que está associado as articulações dos membros inferiores e tensão na L5/S1 (conforme o ilustrado no Quadro 10).

Contudo, como o posicionamento das duas elipses de MAN\_CB e MAN\_FS foi mais ao lado negativo do Dim1, sendo indicado que essas atividades foram as que mais tensionaram a articulação L5/S1, em comparação com as demais atividades avaliadas. As atividades de manejo do CB foram as que causaram maior tensão na articulação L5/S1, quando comprado

com MAN\_FS e às demais, fato que é evidenciado pelo posicionamento mais à esquerda da elipse MAN\_CB (Figura 8).

As duas atividades de ordenha avaliadas (ORD\_CB e ORD\_FS) apresentaram grandes semelhanças, o que pode ser verificado pela sobreposição das elipses de confiança. Embora, tenha sido constatado a semelhança é possível observar que nas atividades da ordenha do (ORD\_FS) ocorreram os maiores riscos de lesão na articulação do cotovelo enquanto na ORD\_CB a articulação do tronco foi a que apresentou maior chance de lesão.

Em suma, pode-se dizer que nas duas atividades de ordenha avaliadas, houve predomínio do risco de lesões nas articulações dos membros superiores, fato que pode ser constatado visualmente pelo gráfico (Figura 8) pelo posicionamento das elipses, aproximadamente na vertical (associação com Dim2).

Ao estender a análise para as atividades da Fábrica de Ração (FR), pode-se verificar que do ponto de vista ergonômico estas atividades apresentaram comportamento intermediário as demais atividades. O que indica que para essas atividades houve maior predisposição ao risco de lesão nas articulações do joelho, tornozelo, quadril, L5/S1 e tronco.

### 3.5. *Análise L5/S1 com as variáveis ambientais e ergonômica em cada instalação*

Na Tabela 5 estão listados os quatro primeiros componentes da Análise de Componentes Principais (ACP), uma técnica aplicada para avaliar o ambiente de trabalho considerando variáveis ambientais (CO<sub>2</sub>, Iluminância, Ruído, t<sub>bs</sub> e UR) e ergonômicas (L5/S1).

**Tabela 5.** Componentes principais considerando o parâmetro ergonômico e os ambientais para cada instalação avaliada.

Componentes da Variância	Componentes Principais			
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4
Variância	2,66	1,33	1,18	0,42
Proporção (%)	44,35	22,32	19,77	7,02
Acumulada (%)	44,35	66,68	86,45	93,47
Autovalores				
L5/S1	-0,32	-0,41	0,77	-0,31
CO <sub>2</sub>	-0,48	0,44	0,62	0,42
Ruído	0,89	-0,05	-0,06	0,19
Iluminância	0,82	-0,36	0,32	0,14
t <sub>bs</sub>	0,86	0,18	0,29	-0,12
UR (%)	0,30	0,89	0,12	-0,26

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

De acordo com a Tabela 5, os dois primeiros componentes principais (Dim1 e Dim2) representam aproximadamente 66,7% da variância dos dados. Isso indica que a ACP foi eficaz em reduzir a dimensionalidade dos dados originais, capturando mais da metade da variabilidade dos parâmetros ergonômicos usando apenas as duas primeiras dimensões.

Com os resultados do terceiro e quartos componentes principais (Dim3 e Dim4), verificou que a explicação da variação dos dados atingiu 93,4%. No entanto, ao analisar esses componentes individualmente, nota-se que o Dim3 e Dim4 apresentam valores inferiores na explicação da variância, sendo 19,8 % e 7,0 %, respectivamente. Em função desse resultado, a elaboração do gráfico tipo *biplot* (Figura 9) e as discussões subsequentes foram restritas aos dois primeiros componentes (Dim1 e Dim2), que representam a maior parte da variância dos dados.

Os autovalores apresentados na Tabela 5 fornecem valores das contribuições para cada dimensão das variáveis ambientais e ergonômicas (CO<sub>2</sub>, Ruído, Iluminância, t<sub>bs</sub>, UR e L5/S1), em cada um dos ambientes estudados. Nesse contexto, observa-se que, para a formação do Dim1, os parâmetros mais relevantes foram: ruído (0,89; correlação forte), Iluminância (0,82; correlação forte), t<sub>bs</sub> (0,86; correlação forte) e CO<sub>2</sub> (-0,48; correlação fraca). Dessa forma, pode-se dizer maiores valores de Dim1 estão diretamente associados com ambientes que apresentaram maiores valores de ruído, iluminância e t<sub>bs</sub> e menores valores de CO<sub>2</sub>.

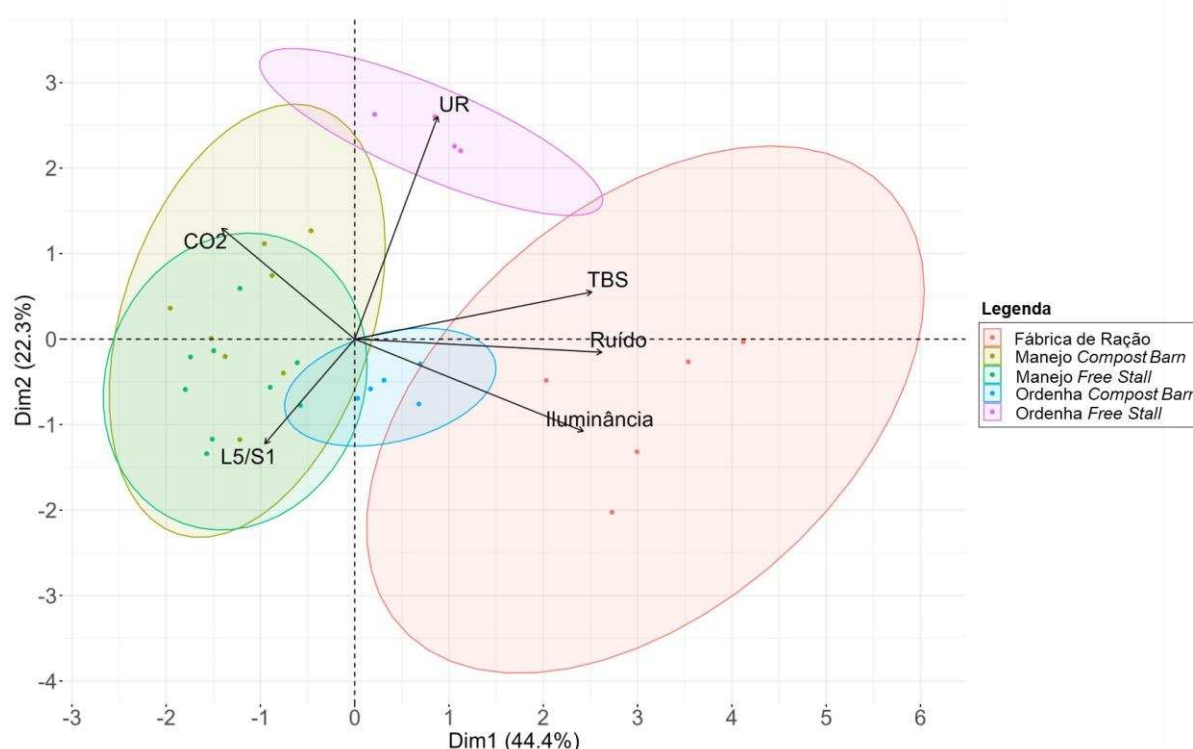
Ao estender esta análise para a formação de Dim2, pode-se dizer que as variáveis UR (0,890; correlação forte), CO<sub>2</sub> (0,44; correlação fraca) e L5/S1 (-0,41; correlação fraca) foram as que mais apresentaram influência na construção deste componente. Diante disso, é possível verificar que quanto maior for o valor de Dim2 maiores serão os valores de UR e CO<sub>2</sub> no ambiente e menor foi o valor da compressão no disco L5/S1. Quadro 13 sintetiza as relações entre os dois primeiros componentes principais e as variáveis analisadas.

Diante destes resultados é possível caracterizar os ambientes de trabalho com base nas variáveis ambientais e na ergonômica, para isso o gráfico *biplot* (Figuras 9 e 10) será utilizado. Esta análise permite avaliar como cada ambiente de trabalho se relacionou com as variáveis avaliadas e ainda, quais foram as principais diferenças entre os ambientes avaliados, sendo possível destacar o ambiente que mais ofereceu risco ao trabalhador.

**Quadro 13.** Sistematização das relações entre as variáveis ambientais e ergonômica e os dois primeiros componentes principais da ACP.

Componente Principal	Magnitude	Magnitude da variável
Dim1	Maiores valores	- Maior: Ruído, Iluminância e $t_{bs}$ - Menor: $CO_2$
	Menores os valores	- Maior: $CO_2$ - Menor: Ruído, Iluminância e $t_{bs}$
Dim2	Maiores valores	- Maior: UR e $CO_2$ - Menor: L5/S1
	Menores os valores	- Maior: L5/S1 - Menor: UR e $CO_2$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.



**Figura 9.** Gráfico tipo *biplot* dos dois primeiros Componentes Principais com elipses de concentração das variáveis ambientais e ergonômica. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A Figura 9 apresentado o gráfico tipo *biplot* com as variáveis ambientais e ergonômicas plotados e as elipses de concentração, estas delimitam a área que é ocupada por 95% dos dados levantados no estudo. Este gráfico sintetiza como se deu o comportamento da magnitude das variáveis avaliadas em cada ambiente avaliado. Sendo assim, é possível verificar que o

ambiente da fábrica de ração (FR) foi o que apresentou maiores valores de  $t_{bs}$ , ruído e iluminância. Além disso, também foi um ambiente uma das maiores cargas no disco L5/S1.

Outro ponto a ser considerado sobre a FR é que sua elipse de concentração foi a maior, apresentando grande área e dimensão. Isso indica que, o ambiente da FR apresentou grande variabilidade na magnitude das variáveis avaliadas. Este resultado encontra-se em consonância com o que fora verificado na rotina deste ambiente de trabalho, a variação do ruído no ambiente se dava por conta do acionamento da máquina de preparo da ração, que era de uso intermitente, o que justifica a maior variação da magnitude do ruído.

As duas atividades de manejo do *Free Stall* e *Compost Barn* (MAN\_FS e MAN\_CB, respectivamente) apresentaram o posicionamento de suas elipses de confiança na porção esquerda do gráfico. Este posicionamento mostra que essas atividades apresentaram os maiores valores de compressão no disco L5/S1, em comparação aos valores dos demais ambientes. Devido ao tamanho e conformação da elipse de concentração de MAN\_FS é possível afirmar que as variáveis desta categoria variaram menos do que as de MAN\_CB.

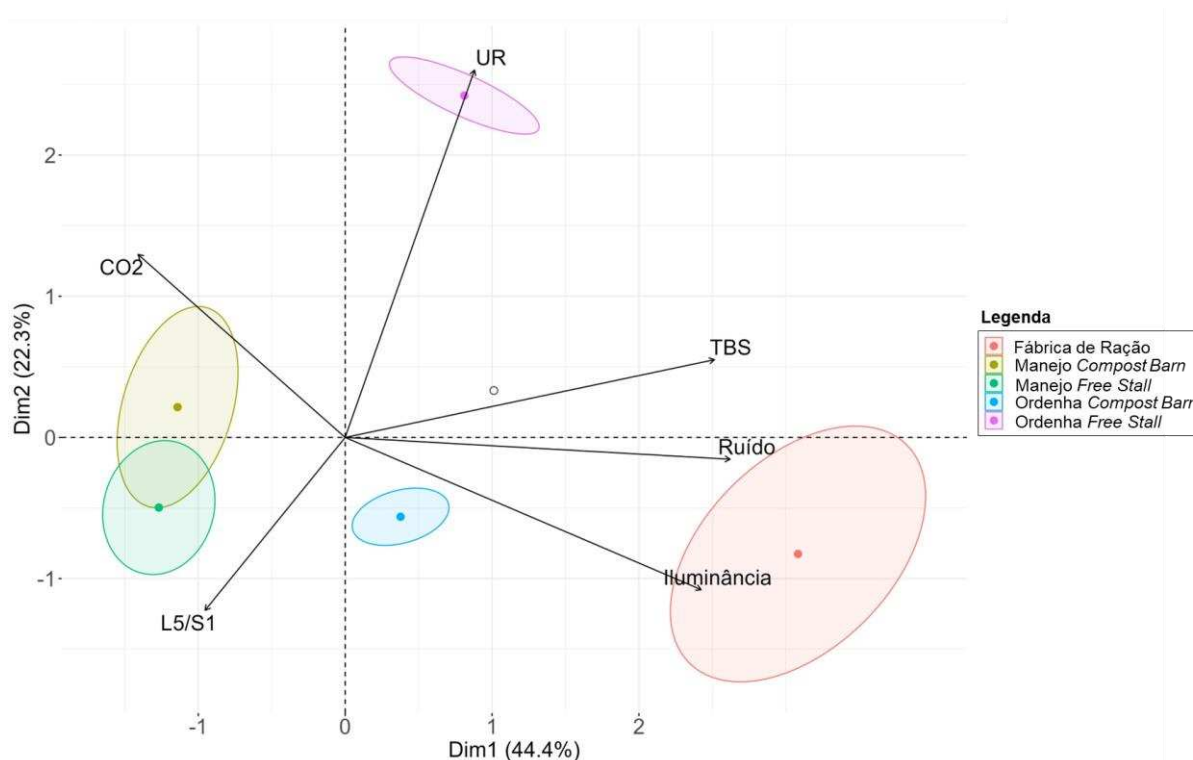
É possível notar que a maior diferenciação entre MAN\_CB e MAN\_FS se deu por conta da variável UR. Este é um resultado que ressalta o que era esperado. A presença da cama no sistema CB induz aumento da UR (%) do ambiente de trabalho pois durante o processo de compostagem há liberação de água, por conseguinte há aumento da UR (%) do ambiente.

As atividades que apresentaram a menor heterogeneidade foram as de ordenha (ORD\_CB e ORD\_FS), dado que apresentaram as menores elipses de concentração. É possível notar que essas duas atividades apresentaram grandes diferenças nos que diz respeito a magnitude das variáveis avaliadas. Isso pode ser decorrente das diferenças entre procedimentos adotados pelos trabalhadores e configuração e composição das salas de ordenhas.

De forma a avançar com a análise dos ambientes de trabalho da unidade de produção de leite, apresenta-se o gráfico *biplot* com a conformação das elipses de 95% confiança da média para cada atividade avaliada. O gráfico fornece um resumo conciso dos dados ao apresentar as médias, possibilitando uma avaliação mais precisa da relação entre os ambientes de trabalho e as variáveis avaliadas, por meio da avaliação do posicionamento das elipses.

No gráfico apresentado na Figura 10, é possível verificar que apenas duas atividades (MAN\_CB e MAN\_FS) apresentam sobreposição de suas elipses. Tal sobreposição indica que, estatisticamente, os ambientes podem ser considerados semelhantes. Devido ao posicionamento das duas elipses é possível notar que esses dois conjuntos de atividades foram os que apresentaram os maiores níveis de concentração de CO<sub>2</sub>. Além disso, é possível observar

(Figura 10) que a elipse de confiança de MAN\_FS ficou posicionada mais abaixo, mais próximo ao vetor da variável L5/S1.



**Figura 10.** Gráfico tipo *biplot* dos dois primeiros componentes principais com pontos médios para cada ambiente de trabalho e elipses de 95% de confiança da média. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Este resultado indica que para as atividades enquadradas em MAN\_FS houve maior compressão do disco L5/S1, quando comparada às atividades categorizadas em MAN\_CB. Tal fato não significa que o limite estabelecido para L5/S1 foi ultrapassado, haja vista que pela análise biomecânica realizada nenhuma atividade ultrapassou o limite de 3426 N. Diante disso, faz-se importante ressaltar que esta análise permite uma visão crítica e concreta sobre a magnitude das variáveis em cada ambiente.

Contudo, foge do escopo desta avaliar as variáveis pontualmente por meio de suas escalas originais. Sendo assim, é possível afirmar que o ambiente apresenta maior ou menor magnitude de determinada variável, mas não é possível afirmar seu valor (não é possível por exemplo saber se o ambiente está a 30°C, somente se verifica que o ambiente era o mais quente).

O posicionamento da elipse de FR releva que, dentre todos os conjuntos de atividades avaliadas, este foi o conjunto que mais expôs o colaborador a maiores magnitudes de  $t_{bs}$ , de

Ruído e de Iluminância. Estas variáveis demonstram grande impacto na saúde do colaborador e este resultado revela que este conjunto de atividade merece atenção.

Quando se observa as atividades desempenhadas na sala de ordenha (ORD\_CB e ORC\_FS), Figura 10, verificou-se que há grande discrepância entre a composição do ambiente em que o trabalhador foi exposto. Para as atividades de ORD\_CB nota-se que nenhuma variável apresentou grande magnitude, fato que justifica o posicionamento mais central de sua elipse (Figura 10).

Por outro lado, ao verificar a conformação da elipse de ORD\_FS, pode-se afirmar que neste conjunto de atividade o trabalhador foi exposto a maiores valores de UR, sendo possível afirmar ainda que, este foi o ambiente mais úmido dentre todos avaliados.

### **3.6. Adequações e proposição de melhorias no sistema de produção de leite CB e FS em relação a unidade de produção estudada em relação as diretivas do ministério do trabalho e emprego**

Com o objetivo de aprimorar as condições ambientais e, conseqüentemente, reduzir os riscos relacionados à saúde e segurança dos funcionários inseridos em sistemas intensivos de produção de leite, como o *Compost Barn - Free Stall*, é aconselhável considerar adaptações em conformidade com as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho. Visando reduzir os riscos relacionados à saúde e segurança dos funcionários, sugere-se a implementação de algumas medidas.

#### 3.6.1. Recomendações gerais

- É fundamental promover a adesão regular a treinamentos e orientações para os funcionários, enfatizando a importância da segurança no trabalho. Isso é particularmente relevante no que se refere ao uso dos Equipamentos de Proteção Individual, conhecidos como EPIs, principalmente para os colaboradores que trabalham diretamente com maquinários. Além disso, a postura correta durante a execução das tarefas e atividades também deve ser enfatizada;
- Sugere-se, ainda, a implementação de treinamentos para conscientização e capacitação de todos os envolvidos na atividade de ordenha, incluindo aqueles responsáveis pelo manejo dos animais e pela limpeza das instalações, em relação à saúde e segurança no trabalho. Esses treinamentos têm o objetivo de orientar os profissionais sobre a maneira mais adequada de desempenhar suas funções, visando à preservação da saúde e à criação

de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. Isso resultará na formação de profissionais mais conscientes e contribuirá para um ambiente de trabalho mais seguro e saudável;

- De acordo com Couto (2002), enfatiza-se, a importância de realizar exercícios de aquecimento e alongamentos antes de iniciar atividades que demandem estar de pé, como é o caso da ordenha e da limpeza das instalações. O autor também destaca a relevância de inserir pausas e, durante essas pausas, realizar exercícios de relaxamento em atividades estáticas;
- Conforme apontado por Pinzke et al., (2003) e Abrahão (2015), a implementação de medidas operacionais, como a incorporação de breves pausas e exercícios de alongamento durante a execução das tarefas, a colaboração entre colegas para lidar com sobrecargas de trabalho e a variação de movimentos, pode não apenas melhorar a eficiência no trabalho, mas também garantir o bem-estar dos trabalhadores;
- Assegurar o cumprimento das medidas de segurança e bem-estar dos trabalhadores por meio de fiscalizações regulares;
- Apesar de todos os métodos de segurança serem respaldados pela legislação vigente, especificamente pelo Ministério do Trabalho, é de suma importância a conscientização dos gestores e proprietários das Unidades de Produção. Isso contribui para que o ambiente de trabalho e as atividades dos colaboradores se tornem mais coesos e agradáveis, resultando em uma melhoria significativa da saúde e bem-estar no local de trabalho;
- Em dias de temperatura elevada, é aconselhável que os colaboradores de ambos os sistemas aumentem a ingestão de líquidos, apliquem protetor solar, ampliem o número de ventiladores nas salas de ordenha;
- É essencial que os trabalhadores utilizem botas de PVC de cano longo, nas atividades de limpeza das instalações, o que evitaria que os pés fiquem úmidos, prevenindo assim a perda de temperatura corporal;
- Recomenda-se, a incorporação de banquinhos e seu uso regular para evitar a postura de agachamento. Conforme estabelecido na NR 17, que afirma que 'para atividades que exijam trabalho em pé, devem ser disponibilizados assentos para descanso em locais acessíveis a todos os trabalhadores durante as pausas' (BRASIL, 2004);
- Recomenda-se realizar um diagnóstico por meio de uma pesquisa de clima organizacional para avaliar o nível de satisfação dos funcionários em relação à execução

de suas atividades e tarefas. Isso permitirá a identificação de dificuldades, insatisfações e potenciais sobrecargas de trabalho;

- Recomenda-se substituir o carregamento manual de rações e silagem por um sistema que utilize carrinhos de mão ou maquinário, dependendo das condições econômicas da Unidade de Produção. Isso reduzirá significativamente o esforço dos trabalhadores;
- Quando há manipulação de produtos químicos para a limpeza das instalações, é essencial que o trabalhador utilize vestimenta impermeável, como avental, luvas nitrílicas  $\frac{3}{4}$ , óculos de ampla visão transparente e respirador semifacial adequado aos produtos em uso. Além do uso dos dispositivos de proteção, é altamente recomendado que o trabalhador realize a higienização pessoal após o manuseio de produtos químicos;
- Embora os níveis de ruído se mantenham dentro dos parâmetros regulamentares, a identificação das maiores médias na fábrica de ração ressalta a importância de considerar medidas preventivas, como o uso de protetores auriculares, para salvaguardar a saúde auditiva dos trabalhadores em ambientes mais ruidosos. Este aspecto reforça a necessidade de implementar práticas de segurança ocupacional que vão além das exigências normativas, visando assegurar o bem-estar integral dos colaboradores;
- É fundamental enfatizar a relevância da educação postural, direcionada para a execução adequada das atividades pelos trabalhadores, com o intuito de minimizar os riscos de lesões e prevenir a fadiga muscular. Esse esforço, aliado ao acompanhamento por parte dos responsáveis pelo setor da UPA, desempenha um papel crucial na promoção de condições laborais mais saudáveis e na preservação do bem-estar físico dos colaboradores.

### 3.6.2. Recomendações para as atividades relacionadas as salas de ordenha

- A Instrução Normativa 51/2002 estabelece as diretrizes fundamentais para o manuseio da produção de leite de vaca. Entre os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) necessários, todos os funcionários envolvidos em atividades de ordenha devem estar vestidos com uniformes brancos completos, incluindo gorro, macacão ou jaleco, calça e botas. Essas botas devem ser antiderrapantes. A exigência contida nesta norma visa promover a higienização adequada e, ao mesmo tempo, reduzir os riscos de acidentes;
- A Norma Regulamentadora 17 estabelece que, para atividades executadas em pé, é obrigatório disponibilizar assentos para descanso em locais acessíveis a todos os trabalhadores durante os intervalos. Além disso, a Norma Regulamentadora 31 prevê que, nas atividades que exigem que os funcionários permaneçam em pé, devem ser

programadas pausas para descanso. No contexto da ordenha, em que os trabalhadores lidam com animais de grande porte, existe um risco potencial de acidentes, especialmente quando os animais estão estressados ou se ocorrer algum erro no manejo. Isso pode deixar os funcionários em situações vulneráveis;

- Recomenda-se, que as atividades de ordenha não sejam desempenhadas exclusivamente por um único funcionário, devido ao acúmulo de responsabilidades;
- A Norma Regulamentadora 31 exige que, em todas as fases dos procedimentos de trabalho envolvendo animais, os trabalhadores devem receber informações sobre os métodos corretos e locais apropriados para se aproximar, entrar em contato e imobilizar os animais;
- Além disso, é importante destacar a questão das irregularidades nas escadas, como a ausência de peças cerâmicas e corrimão. De acordo com a Norma Regulamentadora 31, em áreas como escadas, rampas, corredores e outras destinadas à circulação de trabalhadores e movimentação de materiais, que apresentem risco de escorregões, é necessário utilizar materiais ou procedimentos antiderrapantes e implementar medidas de proteção contra quedas. Com relação a escada de acesso ao fosso de ordenha, recomenda-se adoção do estabelecido na NR 31, sendo;

“Nas escadas, rampas, corredores e outras áreas destinadas à circulação de trabalhadores e à movimentação de materiais, que ofereçam risco de escorregamento, devem ser empregados materiais ou processos antiderrapantes e dispor de proteção contra o risco de queda, logo, as observações supracitadas contrastam com o preconizado na legislação vigente” (BRASIL, 2005).

- Em ambientes com temperaturas elevadas, como a sala de ordenha, é possível adotar medidas para minimizar o desconforto causado pelo calor, como a instalação de ventiladores e a criação de aberturas laterais na sala. Vale ressaltar que as diretrizes para ambientes de ordenha são estabelecidas na NR 15, que estipula um limite de temperatura interna de até 30 °C. Locais que excedam esse limite são considerados insalubres de acordo com essa norma;
- É essencial verificar se as dimensões da sala de ordenha estão adequadas, de acordo com as recomendações da literatura especializada. Conforme apontado por Cockburn (2015), a melhoria da infraestrutura na sala de ordenha deve ser considerada uma prioridade, uma vez que pode reduzir o esforço físico dos trabalhadores e minimizar posturas inadequadas no setor;

- É importante verificar se os níveis de iluminação estão em conformidade com as regulamentações, especialmente porque muitas das atividades realizadas na Unidade de Produção ocorrem durante a noite;

### 3.6.3. Recomendações em relação ao conjunto mecanizado

- É fundamental realizar a manutenção periódica dos equipamentos e maquinários. Isso visa reduzir o nível de ruído e minimizar os riscos de acidentes que podem surgir devido à falta de inspeção.

## 4. Considerações finais

Com base nos resultados obtidos por meio do questionário aplicado aos colaboradores da UPA, verificou-se que, 66% dos colaboradores detêm de uma vasta experiência, ultrapassando de 25 anos, no setor leiteiro. Os motivos preponderantes que os mantêm nessas atividades englobam a realização profissional e pessoal, afinidade com setor, a falta de qualificação para transição a outras áreas e o desconhecimento de habilidades profissionais em diferentes segmentos. Destaca-se, que a maioria dos colaboradores se encontram satisfeitos (78%) no setor leiteiro e vinculam essa satisfação à concordância entre o horário laboral e suas responsabilidades domésticas e familiares. Paralelamente, 77,8% dos colaboradores expressaram insatisfação em relação ao período de sono, evidenciando sua insuficiência e consequente sonolência durante a jornada de trabalho. Os resultados também revelaram que a remuneração foi identificada como a principal fonte de insatisfação entre os funcionários

No que diz respeito as questões de saúde, 77,7% dos entrevistados mencionaram dores nas pernas como a queixa mais prevalente, atribuída principalmente à longa jornada de trabalho em pé. Além disso, 33,3% relataram dores nas costas e nos braços, enquanto 11,1% mencionaram dores no ombro.

Em relação aos fatores ergonômicos avaliados, as médias de temperatura do ar indicaram que os ambientes com as maiores médias foram as salas de ordenha do Sistema FS. Em contrapartida, os interiores das instalações *CB* e *FS*, bem como a sala de ordenha do Sistema *CB*, apresentaram valores mais estáveis de temperatura, proporcionando um ambiente mais uniforme.

No que diz respeito à qualidade do ar, observou-se que as concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}$  permaneceram em níveis considerados inofensivos à saúde dos trabalhadores, não apresentando detecção dos referidos gases. Já em relação aos valores de  $\text{CO}_2$ , estes mantiveram-se dentro

dos limites estabelecidos pela ANVISA, exceto no interior da instalação *CB*, que registrou médias de 1250 ppm no horário das 05h00min. Essa exceção merece especial atenção, ressaltando a importância de medidas corretivas para assegurar a qualidade do ar nesse ambiente específico.

Em relação aos níveis de ruído nos ambientes estudados, verificou-se que, estiveram abaixo do limite estabelecido pela NR15 (2004), que preconiza uma exposição máxima de 85 dB (A) para 8 horas de trabalho. As médias mais elevadas de ruído foram identificadas na fábrica de ração, apresentando médias de 76,3 dB. No entanto, observa-se que, em nenhum dos ambientes investigados, os trabalhadores adotavam o uso de protetor auricular. Em todos os ambientes estudados, os valores de luminância mantiveram-se dentro dos limites recomendados pela NBR 5413. Contudo, observou-se que a iluminância apresentou os valores médios mais baixos nos horários iniciais e finais da avaliação (05h00min e 18h00min, respectivamente). O menor valor médio foi registrado no interior das instalações *FS* e *CB*, atingindo aproximadamente 200 e 300 lux, respectivamente.

Em todas as atividades analisadas, as forças de compressão no disco L5/S1 foram registradas abaixo do limite de 3400 N. No entanto, as tarefas vinculadas à fábrica de ração, especialmente o carregamento de sacos, apresentaram os valores mais elevados em termos de forças de compressão nos discos L5/S1, alcançando um total de 2910 N.

Ao considerar os dados provenientes análise dos componentes principais, observou-se uma correlação significativa entre essas atividades e uma redução nas chances de lesões nas articulações do joelho, tornozelo e quadril, bem como uma diminuição nos esforços de compressão no disco L5/S1. Por intermédio desta análise reforça-se importância de abordagens preventivas específicas para atividades que possam impactar negativamente a saúde musculoesquelética, contribuindo assim para a promoção de ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis.

## Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1 – Interior. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Técnicas - NBR 5413 Iluminação de Interiores, 1992. Disponível em: <[aprender.unb.br/file.php/765/modulo\\_4/ecotect/NBR5413.pdf](http://aprender.unb.br/file.php/765/modulo_4/ecotect/NBR5413.pdf)>. Acesso em: 08 Out 2023.

ABRAHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A.; GEMMA, S. F. B. A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) aplicada ao trabalho na agricultura: experiências e reflexões. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 40, n. 131, p. 88-97, 2015.

ALVES, J. U. **Análise ergonômica das atividades de propagação vegetativa de Eucalyptus ssp. em viveiros**. 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

ALVES, J.U. **Análise ergonômica da produção de mudas de eucalipto em viveiro, no vale do Rio Doce, MG**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

and noise assessment of tractor-trailer and truck-mounted chippers. **Silva Fennica**, Helsinki-FI, v. 47, n. 5, p. 1-14, nov. 2013. DOI: 10.14214/sf.984. Disponível em: <https://silvafennica.fi/pdf/article984.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2023

ANDRADE, R.R. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas *compost barn* fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 2021. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Viçosa.

ANDRADE, R.R.; SOUZA, C.F.; BAETA, F. C. Instalações para bovinocultura leiteira – *free stall, tie stall, loose housing e compost barn*. **Revista Brasileira de Buiatria** Vol.3, Número 2-9, 2022.

ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; FREITAS, L.C.S.R.; FERREIRA, C.F.S.; BARBARI, M.; BAPTISTA, F.J.F.; COELHO, D.J.R. Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. **Journal of Thermal Biology**, v.23, p.103111, 2021. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103111.

BATISTA, J. V.; SAMPAIO, O. B.; SILVA, F. F. A influência de fatores climáticos e ambientais sobre a saúde de trabalhadores florestais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **IMC em adultos**. Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/component/content/article/804-imc/40509-imc-emadultos>. Acesso em <Ministério da Saúde (www.gov.br)>: 24 outubro 2018d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Perda auditiva induzida por ruído (Pair)**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro. **NHO 01 - avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro. **NHO 06 - avaliação da exposição ocupacional ao calor**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora nº 17 (NR17): ergonomia**. Brasília, 1990.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho**. Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no>

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Nota técnica - medidas para controle de riscos ocupacionais na indústria de abate e processamento de carnes**. Brasília, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria no 86, de 3 de março de 2005**. Aprova a norma regulamentadora de segurança e saúde no trabalho na agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura – NR-31. Brasil: MTE, 2005.

CAMARGO, D. A.; MUNIS, R. A.; BATISTELA, G. C.; SIMÕES, D. Exposure to Occupational Noise: Machine Operators of Full Tree System in Brazil. **Croatian Journal of Forest Engineering, Zagreb**, v. 43, n. 2, p. 1–12, abr. 2022. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1437. Disponível em: <<https://crojfe.com/archive/volume-43-no.2/exposure-to-occupational-noise-machine-operators-of-full-tree-system-in-Brazil>>. Acesso em: 16 Nov. 2023.

CARVALHO, C. O.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, G. R. Rede Brasil rural: inovação no contexto da agricultura familiar. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.8, n.1, p. 79-94, jan./abr. 2015.

CARVALHO, C.C.S. **Avaliação ergonômica em operações do sistema produtivo de carne de frango**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSSON, G. B. J.; MARTIN, B. J. **Biomecânica ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001. 579 p.

CORREIA, A. A.; SILVA, S. S.; SILVA, N. G. F. Doenças ocupacionais: conhecimento de funcionários em uma empresa privada. **Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança**, João Pessoa, v. 13, n. 1, p. 13-20, jun. 2015. DOI: 10.17695/revcsnevol13n1p13%20-%2020. Disponível em: <https://revista.facene.com.br/index.php/revistane/article/view/467>. Acesso em: 06 maio 2023.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho em 18 lições**. Belo Horizonte:

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, 1995. v. 1, 353 p.

COUTO, H.A. **Como implantar ergonomia na empresa: a prática dos comitês de ergonomia**. Belo Horizonte, 2002.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: O manual técnico da máquina humana**. 2014.

DAMASCENO, F. A. **Compost barn como uma alternativa para a pecuária leiteira**. 1. ed. Divinópolis: Adelante, 2020.

DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Anuário Leite 2020**: Leite de vacas felizes. 104 p, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Anuario-leite-2022%20(1).pdf>. Acesso em: 05 Abril 2023.

ERGO, 2002. 202 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Overview of global dairy market developments in 2022**. Disponível em:< <https://www.fao.org/3/cc3418en/cc3418en.pdf>>. Acesso em: 2 Abril. 2023.

FUNDACENTRO. Normas de higiene ocupacional. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional>. Acesso em: 15 setembro 2023.

GAO, L., WANG, Z.; SHANG, J., CHENG, J., TANG, C., YI, M., ZHAO, X. Distribution characteristics and sources of trace metals in sediment cores from a trans-boundary watercourse: An example from the Shima River, Pearl River Delta. **Ecotoxicology and environmental safety**, 134(1), 186-195, 2016.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GUÉRIN, F.; KERGUELEN, A.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Blücher: Fundação Vanzolini, 2001.

HALL, S. **Biomecânica básica**. 6. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2013.

HOSTIOU, N.; CIALDELLA, N.; VAZQUEZ, V.; MÜLLER, A. G.; LE GAL, P.-Y. Work organization on smallholder dairy farms: a process unique to each farm. **Tropical animal health and production**, v. 47, n. 7, p. 1271-1278, 2015.

HOSTIOU, N.; DEDIEU, B. A. method for assessing work productivity and flexibility in livestock farms. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 852-62, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Produção de Leite. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>> Acesso em: 29 mar. 2023.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Definition and Domains of Ergonomics: Definition**. 2000. Disponível em: <https://www.iea.cc/whats/index.html>. Acesso em: 17 maio 2023.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Package ‘factoextra’. **Extract and visualize the results of multivariate data analyses**. 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/index.html>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

KIM, J. H.; MARIN, L. S.; DENNERLEIN, J. T. Evaluation of commercially available seat suspensions to reduce whole body vibration exposures in mining heavy equipment vehicle operators. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 71, p. 78-86, set. 2018. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.04.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687018300899>. Acesso em: 17 mar. 2023.

KOFLER, I.; PANDOLFI, M. A. C. Condições de trabalho do trabalhador rural avaliando o impacto da exposição ao agrotóxico. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 460–469, 2019.

KOLSTRUP, C. Work-related musculoskeletal discomfort of dairy farmers and employed workers. **Journal of Occupational Medicine and Toxicology**, v.7, p.1-9, 2012.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of statistical software**, v. 25, p. 1-18, 2008.

LIMA, R. C. A.; ROCHA, Q. S.; CAZANI, A. C.; SANTOS, J. E. G.; SIMÕES, D. Assessment of hand-arm vibration in semi-mechanized gardening activities. **Journal of Vibration Engineering & Technologies. Heidelberg**, v. 10, p. 2143–2149, abr. 2022. DOI: 10.1007/s42417-022-00480-5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42417-022-00480-5>. Acesso em: 14 fev. 2023.

LIU, C. W., LIN, K. H., & KUO, Y. M. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. **Science of the total environment**, 313(1-3), 77-89, 2003.

MELLO, M. A. de; TESTA, V.M; SILVESTRO, M. L. **Agricultura familiar, produção de leite e desenvolvimento territorial: os desafios para a inserção econômica**. 2012.

MORAES, G. **Perícia e Avaliação de Ruído e Calor**. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2002.

MTE, Ministério do Trabalho e Emprego. 2004. Disponível em: [http://www.ergohuman.com.br/legislacao/download.php?id\\_arquivo=38&](http://www.ergohuman.com.br/legislacao/download.php?id_arquivo=38&). Acesso em: 13 mai 2023.

OLIVEIRA, C. C. DE, MORO, A. R. P., ULBRICHT, L. ERGONOMIA APLICADA À ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DA PECUÁRIA LEITEIRA EM PEQUENAS PROPRIEDADES NO PARANÁ. **Perspectivas Contemporâneas**, 12(3), 193–214. 2017.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C.C. **Modelo de organização do trabalho relacionado a atividade leiteira: uma abordagem ergonômica – sociotécnica**. Tese (Doutorado em Engenharia Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2018. 117 pag.

OLIVEIRA, C.C.; ULBRICHT, L.; MORO, A.R.P. Avaliação da exposição dos trabalhadores da pecuária leiteira aos riscos ocupacionais. **Revista Uniandrade**, v.18, p.1-15, 2017.

OLIVEIRA, C.E.A.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; NASCIMENTO, J.A.C.; VEGA, F.A.O.; TITÔCO, I.F.F.; ANDRADE, R.R. Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.93, p.20200384, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120200384.

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, V.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FERRAZ, G.A.S.; SOUSA, F.C.; ANDRADE, R.R.; NASCIMENTO, J.A.C.; SILVA, L.F. Air velocity spatial variability in open Compost-Bedded Pack Barn system with positive pressure ventilation. **ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS**, v. 95, p. e20220415, 2023. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220415>;

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; SOUSA, F.C.; DAMASCENO, F.A.; ANDRADE, R.R.; MACIEL, F.F.; BARBARI, M.; MARTINS, M.A. Analysis of Heat and Mass Transfer in Compost-Bedded Pack Barns for Dairy Cows using Computational Fluid Dynamics: **A Review. Applied Sciences**, v. 13, p. 9331, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13169331>;

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; SOUZA, C.F.; BAÊTA, F.C.; ANDRADE, R.R.; VIEIRA, F.M.C.; BARBARI, M.; BAMBI, G. Physicochemical Bedding Quality in Compost-Bedded Pack Barn Systems for Dairy Cows: A Systematic **Review. Applied Sciences**, v. 13, p. 9832, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13179832>; e

OLIVEIRA, D. V.; GASQUES, J. G. **Produção e Economia Regional**. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). *Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira*. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. p. 31-57.

OLIVEIRA, L. F.T.; SILVA, S. P. **Mudanças Institucionais e Produção Familiar na Cadeia Produtiva do Leite no Oeste Catarinense**. RESR, Piracicaba-SP, Vol. 50, Nº 4, p. 705-720, 2012.

OLIVEIRA, V.C.; TINÔCO, I.F.F.; SILVA, L.F.; OLIVEIRA, C.E.A.; DAMASCENO, F.A.; SARAZ, J.A.O. Evaluation of ammonia sensor modules in a compost barn system during winter in Brazil. **Eng Agrícola**, v. 43, p. e20230062, 2023. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v43n4e20230062/2023>.

RESENDE, J. C.; LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A.; NARDY, V. P. D. R. Produção e produtividade de leite no mundo. In: RENTERO, N. (Org.). **Anuário Leite 2019: Novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais**. Guarulhos: Editora Bernardi, 2019. p. 46-48.

RIBAS, A. S; MICHALOSKI, A. O. Saúde e Segurança na Suinocultura no Brasil: um levantamento dos riscos ocupacionais. **Revista Espacios**, v. 38, n. 11, p. 13-17, 2017.

RIO, R.P. & PIRES, L. **Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica**. São Paulo: LTR, 2001. 225p.

ROTTENSTEINER, C.; TSIORAS, P.; NEUMAYER, H.; STAMPFER, K. Vibration

SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.

SANDI, J.; RAMOS, C. R. G.; DRUDI, F. S.; MARTINS, M. B.; LANÇAS, K. P. Health risk related to whole-body vibration in agricultural tractor: ballast and displacement speed. **Científica, Jaboticabal-SP**, v. 46, n. 2, p. 107-115, jan. 2018. DOI: 10.15361/1984-5529.2018v46n2p107-115. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1113>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SCHETTINI, B. L. S.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; CARNEIRO, A. C. O.; VILLANOVA, P. H.; ROCHA, S. J. S. S.; RUFINO, M. P. M. X.; CASTRO, R. V. O. Produção de Madeira e Carvão Vegetal no Sistema Forno-Fornalha: Como a Variação nos Custos e Receitas Afetam a Viabilidade Econômica? **Revista Árvore**, v. 45, 2021.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J.; SANTOS, V. P. **Segurança do trabalho no setor florestal**. Curitiba: Brazil Publishing, 2019. 196 p.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J.; LIMA, R. C. A.; NASCIMENTO, G. S. P.; CAÇADOR, S. S.; VIEIRA, M. P. L. Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker's health under the ergonomics approach. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 82, 2021.

SHEN, H., TZEMPELIKOS, A. Daylighting and energy analysis of private offices with automated interior roller shades. **Solar Energy**, v. 86, N. 2, p. 681–704, fev. 2012. doi:<https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.11.016>

SILVA, E. L.; DOMINGOS, D. M.; JARBAS, E. P. Avaliação de fatores do ambiente de trabalho em uma indústria de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) na região centro-sul do estado do Paraná. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 336-341, 2006.

SILVA, K. R. Análise de fatores ergonômicos em marcenarias no município de Viçosa, MG. 1999. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SORANSO, D. R.; MINETTE, L. J.; ANDRADE, R. C.; SCHETTINO, S.; NASCIMENTO, G. S. P. BERMUDEDES, W. L.; CAMPOS, J. C. C. Biomechanical analysis of wood processing work in tropical forest regions: A study in Midwest Brazil. **Journal Of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 20, p. 1-12, 2023.

SORANSO, D. R.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; NASCIMENTO, G. S. P.; LIMA, R. C. A.; BERMUDEDES, W. L.; LEME, M. P. Biomechanical Analysis of the Forest Cutting Operation in Tropical Forest Areas, Thick Brushwood, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 7, n. 2, p. 13754–13760, fev. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-137

**SORANSO, D. R.**; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; NASCIMENTO, G. S. P.; ANDRADE, R. C. L.; BERMUDEDES, W. L.; VIEIRA, M. P. L. Análise biomecânica da operação de corte

florestal em áreas de floresta tropical, Mato Grosso, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, p. 13754-13760, 2021.

SOUZA, C.F.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; SARTOR, V.; PAULA, M.O. **Unidades para produção animal – UPAs: Planejamento e projeto**. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 2021. 125p.

SPANEVELLO, R. M. O trabalho feminino no espaço rural. **Revista Estudo & Debate**, v. 29, n. 1, 2022.

SRAÏRI, M. T.; BAHRI, S.; KUPER, M. Le travail et as contribution aux stratégies d'adaptation de petites exploitations agricoles familiales mixtes d'élevage bovin/polycultureau Maroc. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 17, p. 463-74, 2013.

TAKEDA, F.; MERINO, E. A. D.; MERINO, G. S. A. D.; MORO, A. R. P.; DIAS, N. F. Avaliação dos indicadores de acidentes de trabalho como proposta de intervenções ergonômicas em um abatedouro de frangos. **Revista Produção Online**, v.16, n. 1, p. 182-209.

TORRES, B. P. L.; MUÑOZ, E. L. G.; RODRIGUEZ, C. C.; LÓPEZ, E. O. Evaluación de sobrecarga postural en trabajadores: revisión de la literatura. *Ciencia & Trabajo*, v. 16, n. 50, p. 111-115, 2014

trabalho/normatizacao/normas/regulamentadoras. Acesso em: 15 setembro 2023e.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3D static strenght prediction program, version 6.0.2 – user's manual**. Michigan: Universidade de Michigan, Centro de Ergonomia, 2016. 81 p.

VALENTE, D.A.; SOUZA, C.F.; ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; SOUSA, F.C.; ROSSI, G. Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v.18, p.1547–1555, 2020. DOI: 10.15159/AR.20.103.

WICKHAM, H.; CHANG, W.; WICKHAM, M. Package 'ggplot2'. **Create elegant data visualisations using the grammar of graphics**. Version, v. 2, n. 1, p. 1-189, 2016.

WILSON, J.; CORLETT, N. **Evaluation of human work: a practical ergonomics methodology**. London: Taylor e Francis, 1995. 1119 p.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho: textos selecionados de Ergonomia**, São Paulo: Fundacentro, 1994.

## APÊNDICE A

Este estudo relaciona-se com o trabalho de doutorado desenvolvido pelo discente Leonardo França da Silva, sob Orientação das Professoras Doutoras Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Cinara da Cunha Siqueira Carvalho. Objetivando a confecção de informações complementares a pesquisa desenvolvida pelo mesmo. Para realização desta pesquisa, este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa com seres humanos CEP da Universidade Federal de Viçosa (Número do Registro: 5.817.32; data 15/12/2022).

### Questionário

Questionário de caracterização sociocultural, socioeconômico de trabalhadores de sistemas intensivos de produção de leite, como parte projeto de Pesquisa do discente de Doutorado da Universidade Federal de Viçosa o qual tem o objetivo: Identificar como o trabalho está sendo realizado e possibilidades de riscos e possíveis adequações sob a ótica da Ergonomia, visando tornar o trabalho mais eficiente e mais seguro.

#### 1. Descrição do Colaborador

- a) Nome do Colaborador:
- b) Qual a sua idade? \_\_\_\_\_
- c) Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino
- d) Altura (m): \_\_\_\_\_
- e) Peso (kg): \_\_\_\_\_
- f) Cidade de Origem: \_\_\_\_\_
- g) Estado Civil
  - o Solteiro (a)
  - o Casado (b)
  - o Viúvo
- h) Atua em qual Sistema de produção: *Compost Barn* ( ) *Free Stall* ( )
- i) Qual das mãos é a mais utilizada pelo colaborador durante o desempenho das suas tarefas?

- Esquerda
- Direita
- Ambas Casado

j) Em relação ao uso de cigarro o trabalhador pode ser considerado:

- Fumante
- Não fumante

l) Em relação a ingestão de bebidas alcoólicas o trabalhador:

- Ingere bebidas alcoólicas
- Não ingere bebidas alcólicas

OBS.: Se no trabalhador ingere bebidas alcoólicas favor responder as questões seguintes.

m) Com qual periodicidade o trabalhador ingere bebidas alcoólicas?

- apenas nos finais de semana
- 3 vezes na semana
- 4 vezes na semana
- 5 vezes na semana
- 6 vezes na semana
- todos os dias da semana

n) Qual o tipo de bebida mais consumido?

- cerveja
- vinho
- aguardente de cana
- vodca
- outra bebida

## 2. Atividades desenvolvidas

a) Atua em qual Sistema de produção:

- *Compost Barn*
- *Free Stall*

b) Atividades que atua no sistema de produção de leite:

- Revolvimento da cama
- Reposição de areia
- Limpeza
- Raspagem
- Alimentação
- Limpeza sala de ordenha
- Preparo da alimentação
- Ordenha

c) Se realiza ordenha:

- I. Qual número de animais ordenhado? \_\_\_\_\_
- II. Qual período é realizado? \_\_\_\_\_
- III. Início: \_\_\_\_\_ Termino: \_\_\_\_\_

## 3. Caracterização do trabalho

a) Horário de Trabalho: \_\_\_\_\_

b) Possui folga semanal? \_\_\_\_\_, Quantas? \_\_\_\_\_

c) Possui vínculo empregatício? \_\_\_\_\_, Qual tipo? \_\_\_\_\_

d) Quanto tempo trabalha em atividade relacionadas ao sistema de produção de leite?  
\_\_\_\_ ano(s) \_\_\_\_ mês(es) \_\_\_\_ dia(s)

- e) Quanto tempo trabalha ou exerce vínculo empregatício na fazenda?  
\_\_\_\_ano(s)\_\_\_\_mês(es)\_\_\_\_ dia(s)
- f) Sempre trabalhou na mesma função? Houve rotatividade? Quais?
- g) O que senhor mais gosta na rotina de trabalho no sistema intensivo de produção de leite?
- h) Existe alguma atividade na sua rotina de trabalho que o senhor rotule como “desgastante”?
- i) Qual parte do corpo o senhor sente mais desconforto após um dia de trabalho? Por quê?
- j) O senhor tem intenção de trabalhar em outra atividade? Por Qual motivo?
- Setor Urbano
  - Setor Rural
- k) O senhor já sofreu algum acidente de trabalho, seja no transporte ou dentro da propriedade?
- l) Já realizou algum curso de capacitação para trabalhar em unidades de produção de leite?
- Sim
  - Não
- m) Como você considera seu trabalho?
- Monótono e repetitivo
  - Pesado
  - Leve
  - Moderado

#### **4. Caracterização Econômica-Social do trabalhador**

- a) Realiza outro tipo de trabalho para complementar a renda

- b) O Sr. possui residência própria?
- Sim
  - Não
- c) Próximo ao local de trabalho?
- Sim
  - Não
- d) Quanto tempo senhor gasta pra chegar ao trabalho? \_\_\_\_\_
- e) Qual é o meio de transporte utilizado:
- Andando
  - Carro
  - Bicicleta
  - Moto
  - Outros: \_\_\_\_\_
- f) Sua residência tem energia elétrica?
- Sim
  - Não
- g) Sua residência tem água canalizada?
- Sim
  - Não
- h) O Sr. Sempre trabalhou com agricultura?
- Sim
  - Não
- i) Qual idade que o senhor começou a trabalhar?
- Sim

Não

j) Com registro empregatício?

Sim

Não

k) Quantas pessoas moram atualmente na sua residência? \_\_\_\_\_

l) Possui Filhos? idade?

m) Sua família tem acesso à escola?

Sim

Não

Se sim, que tipo de escola?

Pública

Particular

n) Sua família tem acesso à saúde ?

Sim

Não

Se sim, qual tipo?

i. Agente de saúde ( ) Sim ( ) Não

ii. Posto médico ( ) Sim ( ) Não

iii. Hospital público ( ) Sim ( ) Não

iv. Assistência médica particular ( ) Sim ( ) Não

o) Sabe Ler e escrever?

Sim

Não

---

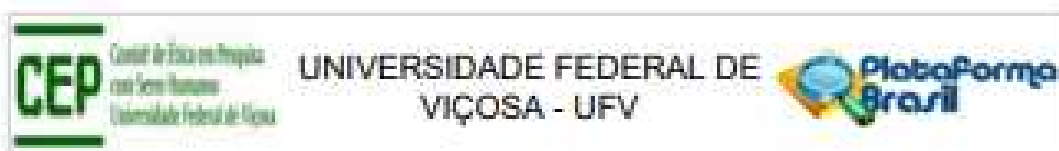
Anos de estudo	Última série cursada	Está frequentando escola?
<hr/>		
Sem Instrução		
Analfabeto ou semi-analfabeto		
Ensino fundamental		
Ensino médio		
Graduação		
Outros		

---

- p) Qual é sua faixa salarial? \_\_\_\_\_
- q) Como é sua relação com o dinheiro? \_\_\_\_\_
- r) Apresenta dificuldade para administrar as contas de casa? ( ) Sim ( ) Não
- s) O senhor tem planejamento financeiro? \_\_\_\_\_

## ANEXO A

**Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), emitido pela  
Universidade Federal De Viçosa (UFV) em 15 de dezembro de 2022**



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO ERGONÔMICA EM SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO ESTADO DE MINAS GERAIS

**Pesquisador:** Ilda de Fátima Ferreira Tinoco

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 62874322.1.0000.5153

**Instituição Proponente:** Departamento de Engenharia Agrícola

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.817.325

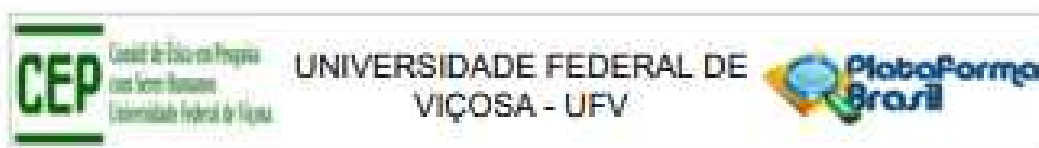
**Apresentação do Projeto:**

A bovinocultura leiteira é um setor de grande importância para o agronegócio brasileiro, envolve um contingente significativo de produtores, gera muitos empregos na área rural e é responsável pela produção de alimentos essenciais à dieta humana. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), no ano de 2020 haviam de 1,17 milhões de propriedades produtoras de leite no Brasil, responsáveis por movimentar, anualmente, 10 bilhões de reais, gerando cerca de 3 milhões de empregos. A pecuária leiteira oriunda da agricultura familiar representa um segmento de grande importância econômica e social para o meio rural. O objetivo desta pesquisa será identificar como o trabalho está organizado em uma unidade de produção de leite localizada no município de

Cajuri no estado de Minas Gerais. Será realizado um estudo exploratório-descritivo em uma unidade de produção de leite, com nove trabalhadores advindos desse sistema. Serão realizadas visitas iniciais à propriedade, em busca de conhecer e caracterizar o ambiente

de trabalho e a forma de condução das atividades desenvolvidas por nove funcionários nas ordenhas e no manejo diário (Limpeza, operação de conjunto mecanizado, atividades relacionadas ao trato sanitário dos animais, condução dos animais até a ordenha. Buscar realizar o entendimento inicial das dificuldades existentes, o acompanhamento do trabalho (tempo gasto em cada atividade e descrição do layout dos equipamentos utilizados na jornada de trabalho para possíveis adequações de acordo com as normas do Ministério do Trabalho e Emprego).

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes  
**Bairro:** - Campos Universitários **CEP:** 36.570-917  
**UF:** MG **Município:** VIÇOSA  
**Telefones:** (31)3612-3218 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Projeto: 1.8.17.201

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Identificar como o trabalho está sendo realizado e possibilidades de riscos e possíveis adequações sob a ótica da ergonomia, visando tornar o trabalho mais eficiente e mais seguro.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

##### **Riscos:**

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em "constrangimento em responder ao questionário, e, para isso, asseguramos que a sua participação é voluntária e sua desistência é permitida em qualquer momento do estudo, sem que lhe traga prejuízos". A pesquisa contribuirá para conhecermos o entendimento inicial das dificuldades existentes, o acompanhamento do trabalho (tempo gasto em cada atividade e descrição do layout dos equipamentos utilizados na jornada de trabalho para possíveis adequações de acordo com as normas do Ministério do Trabalho e Emprego). Por meio deste estudo poderá ocorrer contribuições tanto no aprimoramento da organização de trabalho e melhoria na produção,

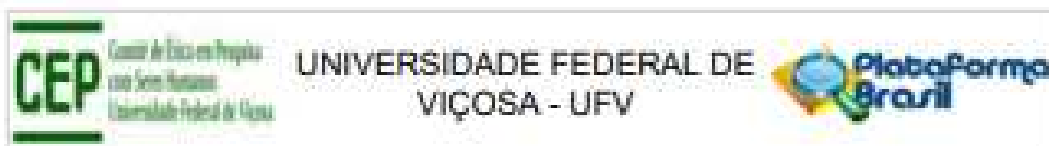
quanto para a proteção da saúde dos trabalhadores na atividade laboral. Nesse aspecto, na conjuntura da pecuária leiteira, a ergonomia pode auxiliar os estudos e pesquisas que enfatizam a necessidade de permanente transformação e aprimoramento da melhoria da gestão rural, produzindo assim conhecimentos significativos para a eficiência das condições do trabalho e como forma de agilizar os seus processos.

##### **Benefícios:**

Ergonomia realiza um importante papel para a organização do trabalho e, conseqüentemente, em sua gestão. Essa ciência busca promover, avaliar e adaptar as condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, conforme preconiza a Norma Regulamentadora 17 – NR 17 (BRASIL, 2007), que busca contribuir com critérios para analisar o trabalhador em seu posto de trabalho, com uma clara visão de melhoria das

condições deste em seus diversos aspectos. Assim, nas palavras de Vidal (2011), a NR 17 orienta a adequação em relação à execução do trabalho. O que se verifica é que a ergonomia atua no contexto do trabalho sob as mais variadas formas. Contudo, em todas, exatamente pelo seu caráter multidisciplinar, associado a conceitos das Ciências Sociais aliados aos avanços tecnológicos, busca resultados como o aumento da produtividade, minimização de acidentes de trabalho e a melhoria das condições de trabalho e de saúde dos trabalhadores (MONTEDO, 2012). No âmbito rural, a sua atuação também vem crescendo. No entanto, a agricultura é um segmento em que a ergonomia ainda é pouco aplicada (COSTA et al., 2011; OLIVEIRA, et al., 2013; ROCHA et

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes  
**Bairro:** Campus Universitário **CEP:** 36.570-977  
**UF:** MG **Município:** VICOSA  
**Telefone:** (31)3612-2316 **E-mail:** ceo@ufv.br



Continuação do Protocolo: 0.017.205

al., 2015), o que justifica a necessidade de se aprofundar em pesquisas nesta área, aplicando os seus conhecimentos, para auxiliar na gestão e proteção dos trabalhadores. A Norma Regulamentadora 31 – NR 31 é outra importante norma para regular e promover a saúde do trabalhador rural e estabelece preceitos na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades, incluindo as leiteiras (BRASIL, 2005). Todavia, nota-se que muito ainda precisa ser feito no que se refere a fazer cumprir o que contempla a normativa (DUARTE, et al., 2016). Nesse aspecto, na conjuntura da pecuária leiteira, a ergonomia pode auxiliar os estudos e pesquisas que enfatizam a necessidade de permanente transformação e aprimoramento da melhoria da gestão rural, produzindo assim conhecimentos significativos para a eficiência das condições do trabalho e como forma de agilizá-los os seus processos. Por essa razão, a atividade leiteira, devido sua natureza, se constitui em um campo fértil para o emprego da ergonomia.

**Avaliação:** Os riscos e os benefícios estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 e 510/16 do CNS

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, com o objetivo de verificar as condições ergonômicas dos trabalhadores da pecuária leiteira, a fim de se propor melhorias para os mesmos, aumentando por consequência a produção de leite.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação obrigatória estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 e 510/16 do CNS.

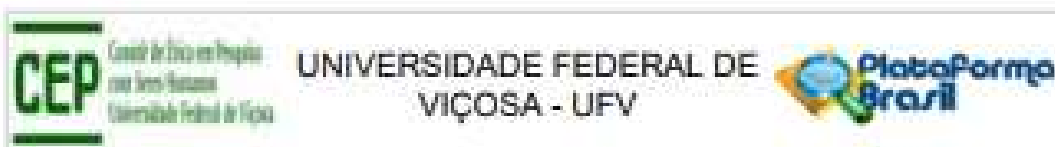
**Recomendações:**

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha. Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida Pm Rola s/n, Edifício Arthur Bernardes  
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-917  
 UF: MG Município: VIÇOSA  
 Telefone: (31)3612-3316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 6.817.006

#### Considerações Finais a critério do CEP:

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site [www.cep.ufv.br](http://www.cep.ufv.br)). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

#### Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1927893.pdf	22/11/2022 08:47:40		Aceito
Outros	ParecerConsubstanciado.pdf	22/11/2022 08:47:22	Ida de Fátima Ferreira Tinóco	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLARACAO_INFRAESTRUTURAEINDENCIA.pdf	22/11/2022 08:46:45	Ida de Fátima Ferreira Tinóco	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	29/08/2022 16:59:59	Ida de Fátima Ferreira Tinóco	Aceito
Outros	OUTROS.pdf	29/08/2022 16:59:44	Ida de Fátima Ferreira Tinóco	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO.pdf	29/08/2022 16:58:55	Ida de Fátima Ferreira Tinóco	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	29/08/2022 16:56:30	Ferreira Tinóco	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto.pdf	29/08/2022 16:55:56	Ida de Fátima Ferreira Tinóco	Aceito

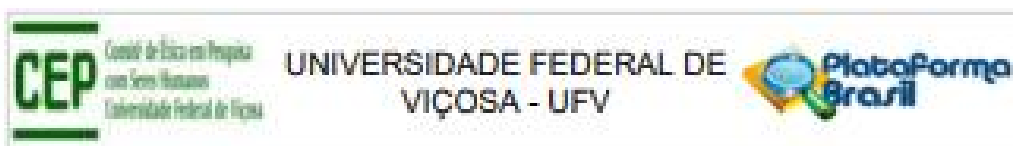
#### Situação do Parecer:

Aprovado

#### Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Esf. Pq. Arthur Bernardes  
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.575-917  
 UF: MG Município: VIÇOSA  
 Telefone: (31) 3612-3316 E-mail: [cep@ufv.br](mailto:cep@ufv.br)



Continuação do Parecer: 5.817/2022

VICOSA, 15 de Dezembro de 2022

---

**Assinado por:**  
**Guilherme de Azambuja Pussieldi**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes  
**Bairro:** Campus Universitário **CEP:** 36.570-917  
**UF:** MG **Município:** VICOSA  
**Telefone:** (31)3612-2318 **E-mail:** cep@ufv.br

**ANEXO B****Certificado de aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais****CERTIFICADO**

A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV certifica que o processo nº 04/2021, intitulado **“Avaliação e caracterização de sistema de confinamento de bovinos leiteiros em instalação *compost barn* aberta e semiclimatizada via ventilação por pressão positiva”**, coordenado pela professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco do Departamento de Engenharia Agrícola, está de acordo com a Legislação vigente (Lei Nº 11.794, de 08 de outubro de 2008), as Resoluções Normativas editadas pelo CONCEA/MCTIC, a DBCA (Diretriz Brasileira de Prática para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos) e as Diretrizes da Prática de Eutanásia preconizadas pelo CONCEA/MCTIC, portanto sendo aprovado por esta Comissão em 07/04/2021, com validade de 12 meses.

**CERTIFICATE**

The Ethic Committee in Animal Use/UFV certify that the process number 04/2021, named **“Evaluation and characterization of a dairy cattle feedlot system in an open and semi-climatic compost barn facility via positive pressure ventilation”**, is in agreement with the actual Brazilian legislation ( Lei Nº 11.794, 2008, Normative Resolutions edited by CONCEA/MCTIC, the DBCA (Brazilian Practice Guideline for the Care and Use of Animals for Scientific and the Guidelines of Practice the Euthanasia recommended by CONCEA/MCTIC therefore being approved by the Committee on April 07, 2021 valid for 12 months.



Prof. Mariella Bontempo Duca de Freitas  
Coordenadora

Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV