

Leonardo França da Silva  
Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
Victor Crespo de Oliveira  
Cinara da Cunha Siqueira Carvalho  
Cristiano Márcio Alves de Souza  
Luciano José Minette  
José Rafael Franco

# PANORAMA E ASPECTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO LEITEIRA EM SISTEMAS COMPOST BARN E FREE STALL



2025

Leonardo França da Silva  
Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
Victor Crespo de Oliveira  
Cinara da Cunha Siqueira Carvalho  
Cristiano Márcio Alves de Souza  
Luciano José Minette  
José Rafael Franco

**PANORAMA E ASPECTOS AMBIENTAIS DA  
PRODUÇÃO LEITEIRA EM SISTEMAS *COMPOST  
BARN E FREE STALL***

EDITORA PASCAL  
2025

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

**Edição e Diagramação:** Eduardo Mendonça Pinheiro

**Edição de Arte:** Marcos Clyver dos Santos Oliveira

**Bibliotecária:** Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

**Revisão:** Leonardo França da Silva

### Conselho Editorial

Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dr<sup>a</sup> Elba Pereira Chaves

Dr<sup>a</sup> Camila Pinheiro Nobre

Dr<sup>a</sup> Gerbeli de Mattos Salgado Mochel

Dr. Glauber Túlio Fonseca Coelho

Dr<sup>a</sup> Marina Bezerra Figueiredo

Dr. José Francisco dos Reis Neto

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

#### P195f

França da Silva, Leonardo; Tinôco, Ilda de Fátima Ferreira; Oliveira, Victor Crespo de; Carvalho, Cinara da Cunha Siqueira; Souza, Cristiano Márcio Alves de; Minette, Luciano José; Franco, José Rafael

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira em sistemas *compost barn* e *free stall* / Leonardo França da Silva et al. — São Luís: Editora Pascal, 2025.

51 f. : il.:

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-128-6

D.O.I.: 10.29327/5505835

1. Ambiente. 2. Bem-estar animal. 3. Sistemas de confinamento. 4. Produção intensiva de leite. 5. Bovinocultura leiteira. I. França da Silva, Leonardo. II. Tinôco, Ilda de Fátima Ferreira. III. Oliveira, Victor Crespo de. IV. Carvalho, Cinara da Cunha Siqueira. V. Souza, Cristiano Márcio Alves de. VI. Minette, Luciano José. VII. Franco, José Rafael. VIII. Título.

CDU: 637.1

Qualquer parte deste livro poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros, desde que seja citado o autor.

## PREFÁCIO

**N**a obra *Panorama e Aspectos Ambientais da Produção Leiteira em Sistemas Compost Barn e Free Stall*, são abordadas as complexidades e inovações inerentes aos sistemas de produção intensiva de leite, com ênfase nos modelos *Compost Barn* e *Free Stall*, para as condições climáticas do Brasil.

O livro apresenta uma análise abrangente sobre esses sistemas, considerando aspectos de concepção arquitetônica e construtiva das instalações, e seus efeitos nos manejos e resultados de sanidade, nutrição, qualidade do leite e bem-estar dos bovinos, assim como nos impactos ambientais e viabilidade econômica, consolidando-se como uma contribuição de importância para a literatura técnico-científica da pecuária leiteira.

O setor leiteiro tem se transformado nas últimas décadas, impulsionado pelo avanço tecnológico e pela crescente demanda por eficiência produtiva e sustentabilidade. Diante desse cenário, a adoção de sistemas intensivos, tais como o *Compost Barn* e o *Free Stall*, emerge como alternativa para aprimorar a qualidade do leite, reduzir impactos ambientais e otimizar o bem-estar dos animais.

No entanto, esses sistemas também impõem desafios técnicos e operacionais que exigem uma gestão eficiente e embasada no conhecimento científico.

Este Ebook foi organizado de forma a proporcionar uma abordagem panorâmica sobre a produção intensiva de leite, com o olhar voltado prioritariamente para os aspectos da ambiência animal e sustentabilidade desta atividade. O leitor encontrará uma revisão dos princípios estruturais e funcionais dos sistemas *Compost Barn* e *Free Stall*, bem como diretrizes para manejo adequado, estratégias nutricionais para maximização da produtividade, medidas sanitárias preventivas e soluções para a destinação adequada dos dejetos gerados. Ademais, relacionados aspectos econômicos e ambientais são discutidos.

Esta obra se destina a estudantes, técnicos, produtores e demais profissionais da cadeia produtiva do leite, que buscam compreender as dinâmicas e exigências da produção intensiva sob o aspecto da ambiência de uma maneira geral.

Assim, espera-se com este livro contribuir para o avanço do conhecimento sobre a produção de leite para as condições do Brasil.

**Boa leitura!**

## AUTORES



### **Leonardo França da Silva**

Engenheiro Agrônomo (UFMG), Matemático e Engenheiro de Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia (UNESP), Doutor em Engenharia Agrícola (UFV) e Pós-Doutorando em Engenharia Agrícola na UFGD, com foco em modelagem matemática em sistemas de produção agrícola. Professor universitário na graduação e pós-graduação, agente de extensão (Senar) e field scientist. Pesquisador colaborador em grupos do CNPq, incluindo AMBIAGRO-UFV, UFGD e LABOERGO-UFV. Atuou como professor na UFV – Campus Florestal, lecionando Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência em Engenharia Agrícola, Construções Rurais, Desenho Técnico e Assistido por Computador, Sustentabilidade em sistemas de produção, Segurança do Trabalho, Ergonomia, Agricultura Digital e Sequestro de Carbono. Atualmente, é professor colaborador na UFGD, lecionando Construções Rurais e Ambiência na graduação e Engenharia de Segurança do Trabalho na pós-graduação, além de coordenar mestrado e doutorados na UFGD, UNESP e UFRGS.

### **Ilda de Fátima Ferreira Tinôco**

Possui Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1980), Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1988), Doutorado em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais (1996) e Pós-Doutorado na Iowa State University (2002), University of Kentucky - EUA (2002-2003), Universidade de Évora PT (2014); Università degli Studi di Firenze (2014-2015). Professora universitária a 41 anos, atualmente é Professora Titular Voluntária da Universidade Federal de Viçosa, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e Membro do Conselho Técnico Científico da AVIMIG. Foi Coordenadora brasileira, por 10 anos e pela UFV, do Convênio CAPES/FIPSE - Brasil-EUA com as University of Kentucky, Iowa State University e University of Illinois e Purdue University. Foi Coordenadora Técnico-Científico dos Convênios Guarda-Chuva entre a UFV e Universidade de Évora- Portugal, Universidade Nacional da Colômbia, Universidade CES-Colômbia, Iowa State University, University of Kentucky e Università degli Studi di Firenze - Itália. Foi fundadora, Coordenadora Geral e atualmente é membro da Comissão Coordenadora do AMBIAGRO (Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais). Foi presidente da Comissão Internacional do DEA/UFV e membro da Comissão de Pós Graduação em Engenharia Agrícola-UFV. Já orientou e co-orientou cerca de 110 teses de doutorado e/ou dissertações de mestrado em Engenharia Agrícola. Tem experiência na Área de Engenharia Agrícola com ênfase em Engenharia de Construções Rurais e Ambiência, atuando principalmente nos seguintes temas: conforto térmico e sistemas de acondicionamento ambiente; ambiência, instalações e sustentabilidade na produção animal, qualidade do ar, bem-estar animal, resfriamento adiabático evaporativo e outros.



## AUTORES



### **Victor Crespo de Oliveira**

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, especialista em Análise de Dados e Engenharia de Segurança do Trabalho e, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é docente do Centro Universitário Eduvale (UnEduvale) e pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP), atuando na integração de novas tecnologias para resolução de problemas do campo. Trabalha com processamento de imagem e áudio, estatística multivariada e modelos de inteligência artificial. Possui experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiente e Uso de Inteligência Artificial na Agricultura.

### **Cinara da Cunha Siqueira Carvalho**

Possui graduação (2003) e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (2005), doutorado (2009), pós-doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e Engenheira em Segurança do Trabalho, pela Faculdade Santo Agostinho. É professora na Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Ambiente em Instalações para a produção animal, Máquinas e Mecanização Agrícola, Ergonomia e Segurança no trabalho.



### **Cristiano Márcio Alves de Souza**



Professor Titular da Universidade Federal da Grande Dourados. Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999) e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2004). Orientador nos Programas de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) e Agronomia (Doutorado em Produção Vegetal) da UFGD. Áreas pesquisadas: projeto de máquinas agrícolas e pós-colheita de produtos agrícolas - atuando nos seguintes temas: agricultura digital e de precisão, colheita, semeadura, compactação do solo, tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, secagem e aeração de grãos, modelagem, simulação e otimização de sistemas agrícolas, energia na agricultura.

## AUTORES

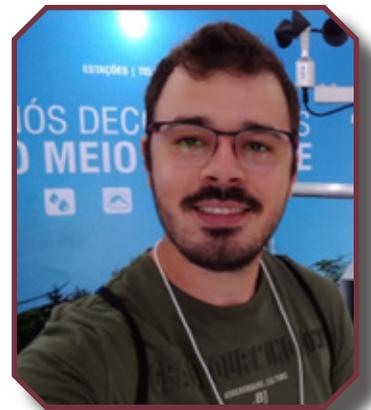


### **Luciano José Minette**

Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa, no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, atuando no programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal em nível de Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado. Possui Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - 1984, Mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - 1987. Doutorado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - 1995. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Fundação Mineira de Educação e Cultura 2002. Tem experiência em orientação de estudantes de Graduação, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado na UFV. Oriento e co-oriento e/ou orientei e coorientei estudantes de Pós-Graduação na Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Universidade Federal de Minas Gerais UFMG e Estadual do Centro Oeste do Paraná - UNICENTRO, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. Atualmente, sou coordenador dos laboratórios de Saúde e Segurança do Trabalho - LSS, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UFV. Consultor Ad Hoc das Revistas *Árvore*, *Scientia Forestalis*, *Cerne*, *Ciência Florestal* e *Floresta*. Atuo em extensão universitária na Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência nas áreas de Recursos Florestais, Engenharia de Produção e Engenharia Florestal, atuando principalmente em Ergonomia industrial e Florestal e Engenharia de Segurança do Trabalho..

### **José Rafael Franco**

Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu (2017). Especialização em Banco de Dados na UNICESUMAR em Botucatu (2019), Mestrado em Irrigação e Drenagem na Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP) de Botucatu (2021). Graduando em Ciência de Dados pela Faculdade Univesp. Doutorado em Engenharia Agrícola na Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP) de Botucatu. Possui experiências nas áreas de Telecomunicações, Redes de Computadores, Desenvolvimento de Softwares, Banco de Dados, Agrometeorologia, Instrumentos Meteorológica, Microcontroladores e Aplicações de baixo custo no meio agrícola. Professor no Centro universitário Uneduvale deis de 2023.



## RESUMO

**A**lém 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 Brasil entre os maiores produtores de leite do mundo. A evolução da produtividade nacional está associada às melhorias nutricionais, ao sistema e manejo dos animais, bem como à inserção de tecnologias no processo de produção. Simultaneamente, 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.

# 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.

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>14</b>
<b>SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE <i>FREE STALL</i></b>	
Origem, conceitos e considerações .....	15
Implantação dos sistemas Free Stall no Brasil .....	16
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>19</b>
<b>SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE <i>COMPOST BARN</i></b>	
Origem, conceitos e considerações .....	20
Implantação dos sistemas Compost Barn no Brasil.....	21
Camas em sistemas Compost Barn .....	24
<i>Materiais utilizados para a composição da cama</i> .....	24
<i>Manejo diário do material de cama</i> .....	25
Manejo dos dejetos em sistemas Compost Barn e Free Stall .....	27
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
<b><i>COMPOST BARN E FREE STALL: QUAL SISTEMA UTILIZAR?</i></b>	
Manejo da cama .....	30
Manejo de dejetos.....	30
Incidência de problemas de casco .....	31
Conforto para os animais alojados.....	31
Sanidade dos animais.....	32
Comparativo econômico .....	32
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>33</b>
<b>INDICADORES DE QUALIDADE E PRODUÇÃO DE LEITE, REPRODUTIVOS E ECONÔMICOS</b>	
Qualidade do leite .....	34
Produção de leite.....	36
Reprodução.....	36
Indicadores econômicos.....	38
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira  
em sistemas *compost barn* e *free stall*



## 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 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 falta 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 e 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 asso-

ciadas 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; 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.

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira  
em sistemas *compost barn* e *free stall*



## Capítulo 1

# SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE *FREE STALL*



## 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 baias 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: EDUCAPONIT (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).

## 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 regulamente; 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*.

Parâmetro	Justificativa	Referência
<b>Aspectos construtivos/Dimensionamento da instalação</b>	A orientação do eixo longitudinal do galpão deve ser no sentido Leste-Oeste.	Campos <i>et al.</i> (2006) Baêta e Souza (2010) Souza <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2006) Baêta, Souza (2010) Souza <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2006) Souza <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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*.

Parâmetro	Justificativa	Referência
<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 <i>et al.</i> (2021) Andrade <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 justamente com os resíduos líquidos de lavagem dos corredores internos.	Gay (2009)

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

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira  
em sistemas *compost barn* e *free stall*



## Capítulo 2

# SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE *COMPOST BARN*



## Origem, conceitos e considerações

Atribui-se que a primeira instalação considerada do tipo *Compost Barn* (CB) foi construída no estado americano da Virgínia, 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).



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

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 compor-

tar de maneira mais próxima à natural, como se estivessem livres no pasto, possibilitando melhores condições de bem-estar animal (Endres; 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.

## 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 oriundos 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 de-  
frontam-se com um desafio diferente, quando comparadas às de países de clima tem-  
perado, 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). Contu-  
do, a baixa amplitude térmica de países de clima quente facilita a adesão de sistemas de  
acondicionamento térmico com menor consumo de energia, o que pode ser uma vanta-  
gem 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 ins-  
talação (orientação, escolha do local, dimensionamento dos elementos construtivos, ma-  
teriais 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 ma-  
nejo 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*.

Parâmetro	Justificativa	Citação
Local de implantação do conjunto do Sistema	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 <i>et al.</i> (2021)
Local de implantação dos alojamentos	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 <i>et al.</i> (2020) Souza <i>et al.</i> (2021)
Orientação das instalações do Sistema	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)
Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação	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 <i>et al.</i> (2012) Damasceno (2020)
Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação	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 <i>et al.</i> (2021)
Aspectos construtivos/ Dimensionamento da instalação	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)
Aspectos arquitetônicos da instalação	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 <i>et al.</i> (2020)
Aspectos arquitetônicos da instalação	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 <i>et al.</i> (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; 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) e 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).

## Camas em sistemas Compost Barn

### ***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).

## **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 patógenos (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*.

Parâmetro	Justificativa	Referência
<b>Manejo da Cama</b>	Manutenção da temperatura, umidade e relação C/N em níveis adequados.	Black <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2020) Ferraz <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2007) Janni <i>et al.</i> (2007) Leso <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2012) Damasceno (2020) Caldato <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (2009)

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

## 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).

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira  
em sistemas *compost barn* e *free stall*



## Capítulo 3

# 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.

## 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).

## 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). Entretanto, o aspecto mais relevante a se considerar como limitante ao sistema *free stall* é que as excretas dos animais são conduzidas até as estações de tratamento de resíduos utilizando grandes volumes de água como carreador, o que pode ser um grande problema ambiental, considerando que a água é um bem esgotável e muito precioso. Ademais, ocorre uma enorme ampliação do volume final de excretas a ser tratado, em razão da adição da água ao mesmo no referido processo de carreamento.

Já no sistema de confinamento *CB*, esse ponto é bem mais simplificado, pois não se usa água como carreadora de dejetos. Na verdade os resíduos permanecem no local onde ficam os animais e, juntamente com a cama adicionada, passam por processo de compostagem, sendo que a quantidade de dejetos líquidos que vai para o tratamento é cerca de 30% do total de resíduos gerados. Em adição às vantagens, no sistema *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).

## 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*.

## 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  $13,1 \pm 0,5 \text{ h.d}^{-1}$  e  $9,6 \pm 0,5 \text{ h.d}^{-1}$ , respectivamente.

## 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*.

## 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.

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira  
em sistemas *compost barn* e *free stall*



## Capítulo 4

# **INDICADORES DE QUALIDADE E PRODUÇÃO DE LEITE, REPRODUTIVOS E ECONÔMICOS**



**A**desão 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.

## 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) ( $p < 0,05$ ).

## 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.

## 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 homeo-

termia. 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.

## 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.

Panorama e aspectos ambientais da produção leiteira  
em sistemas *compost barn* e *free stall*



## 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](http://dx.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 reuso 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 reuso 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 Sanitária 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 air-flow 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.; HEERSCHKE, 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, N° 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 leite 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. **Seminas 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.; BLANCANEUX, 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 Fede-

ral 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.

**O** leite é um alimento nutritivo e um dos principais produtos da agropecuária brasileira, com a produção crescendo significativamente nos últimos 50 anos, colocando o Brasil entre os maiores produtores do mundo. Essa evolução está ligada a melhorias nutricionais, manejo animal e tecnologias aplicadas. A adoção de sistemas de confinamento, como *Free Stall* (FS) e *Compost Barn* (CB), tem aumentado, visando melhorar o bem-estar animal e os índices produtivos. No entanto, o clima tropical e subtropical do Brasil apresenta desafios, como altas temperaturas e umidade, que dificultam a implementação desses sistemas. O estudo busca identificar os desafios e benefícios dos sistemas FS e CB, considerando aspectos de implementação, manejo e indicadores de qualidade do leite. Foram analisados aspectos construtivos, manejo do substrato e as limitações enfrentadas, como práticas inadequadas e falta de controle ambiental. Os resultados indicam que a adoção de um sistema deve ser bem fundamentada, e mais pesquisas são necessárias para orientar os produtores na escolha entre FS e CB.

