

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

IMPACTO DA ADOÇÃO DE *COMPOST BARN*S NO
DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DOS
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE EM MINAS GERAIS

Acadêmica: Ana Paula de Jesus Godoy

Aquidauana – MS

Março de 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

IMPACTO DA ADOÇÃO DE *COMPOST BARN*S NO
DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DOS
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE EM MINAS GERAIS

Acadêmica: Ana Paula de Jesus Godoy

Orientador: Andre Rozemberg Peixoto Simões

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado - Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

Aquidauana – MS

Março de 2024

G532i Godoy, Ana Paula de Jesus

Impacto da adoção de *Compost Barns* no desempenho técnico e econômico dos sistemas de produção de leite em Minas Gerais/ Ana Paula de Jesus Godoy. - - Aquidauana, MS: UEMS, 2024.

43 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2024

Orientador: Prof^o. Dr^o. Andre Rozemberg Peixoto Simões.

Coorientador: Prof^o Dr^o Marcelo Dias Paes Ferreira.

I. Intensificação 2. Regressão linear múltipla 3. Pecuária leiteira I. Simões, Andre Rozemberg Peixoto II. Título

CDD 23. ed. - 636.21

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
(UEMS) - Susy dos Santos Pereira CRB1^o1783

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

ANA PAULA DE JESUS GODOY

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/03/2024.

Dr. Andre Rozemberg Peixoto Simões (Orientador)

Dr. Ferenc Istvan Bánkuti, UEM
(participação via videoconferência)

Dr. Rafael Faria de Abreu Campos, UFV
(participação via videoconferência)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, pela saúde e por sempre iluminar a minha caminhada, principalmente nos momentos difíceis, me guiando e me protegendo de todos males.

À minha mãe Zilda, que foi a minha principal rede de apoio.

Ao Prof. Dr. André Rozemberg Peixoto Simões, pelos ensinamentos repassados, e pela amizade construída.

Ao Prof. Dr. Marcelo Ferreira, pela coorientação.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, pela oportunidade de fazer parte do corpo discente do programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Ao Programa Institucional de Bolsas aos Alunos da UEMS (PIBAP), pela concessão da bolsa de estudos.

Gratidão

Sumário

AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Estrutura do trabalho	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A produção de leite no Brasil	2
2.2 Vacas ordenhadas e a produtividade	4
2.3 Sistemas de produção de leite no Brasil	7
2.4 O Sistema Compost Barn	8
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 2:	1
1. Introdução	2
2. Metodologia	3
3. Resultados	6
3.1 Estatísticas descritivas	6
3.2 Análise de Regressão	8
4. Discussão	12
5. Conclusão	16
6. Referências	17
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção total de leite no Brasil, de 1995 a 2022 (em bilhões de litros).	3
Figura 2. Produção total de leite no Brasil por unidade de federação de 2012 à 2022.	4
Figura 3. Rebanho de vacas ordenhadas no Brasil, de 2000 a 2022 (em milhões de cabeças).	5
Figura 4. Rebanho de vacas ordenhadas no Brasil, por Estados selecionados de 2012 a 2022 (em milhões de cabeças).	6
Figura 5. Produtividade total do rebanho brasileiro (Litros/Vaca).	7

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das variáveis categóricas relacionadas as características sociais e econômicas dos produtores de leite de Minas Gerais atendidos pelo programa EDUCAMPO no ano de 2018, por sistema de produção.	6
Tabela 2 – Médias das variáveis contínuas relativas as características dos produtores de leite de Minas Gerais atendidos pelo programa EDUCAMPO no ano de 2018, por sistema de produção.	7
Tabela 3 - Análise de regressão da produção e produtividade de leite em diferentes sistemas de produção.....	9
Tabela 4 - Análise dos resíduos dos modelos pelos Testes de Shapiro-Wilk (SW), Durbin-Watson (DW) e Breusch-Pagan (BP).	12

RESUMO

Os sistemas de produção de leite em confinamento têm o potencial de aumentar a produção das fazendas, substituindo os sistemas baseados em pastagens. No entanto, isso requer investimentos específicos e mão de obra qualificada. Há evidências na literatura de que a adoção de compost barns (CB) pode promover ganhos de produtividade e econômicos. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da adoção de CB no desempenho técnico e econômico de sistemas de produção de leite em Minas Gerais. O conjunto de dados utilizados neste estudo foi composto por 187 fazendas pertencentes ao programa EDUCAMPO do SEBRAE-MG de 2018. Foi realizada uma análise descritiva das variáveis e uma regressão linear múltipla para determinar o impacto das características sociais e tecnológicas das fazendas no seu desempenho técnico e econômico. O CB foi utilizado como baseline nas regressões, e os demais sistemas foram incorporados ao modelo como variáveis dummy. As análises foram conduzidas utilizando o software R-Studio. A idade média dos produtores era de 55 anos, com uma média de 22 anos de experiência. Quanto aos sistemas de produção, 48% das fazendas utilizavam o sistema Semiconfinado (SC), 28% utilizavam o Confinado sem estrutura (CSE), 18% o CB, 3% o Extensivo (EXT) e 3% o Freestall (FS). A estatística F (p-valor <0,01) indicou que os quatro modelos especificados foram adequados para explicar a variância das variáveis dependentes. O modelo para a produção total indicou que as fazendas que utilizavam o sistema CB tinham um volume de leite maior do que as que utilizavam os sistemas EXT, SC e CSE, mas eram estatisticamente semelhantes às que utilizavam o sistema FS. O mesmo resultado é observado para a produtividade da terra e das vacas. A rentabilidade do SC e do CSE tende a ser menor do que a do CB. Fazendas que utilizam o sistema CB também apresentaram uma maior rentabilidade do que as que empregam os sistemas EXT e FS. No entanto, esse fato só foi estatisticamente significativo ao nível de 10%. Em todos os modelos, foram utilizadas medidas de controle para o tamanho das fazendas (área e vacas em lactação). Foi identificada uma correlação estatisticamente significativa entre a sucessão familiar e a produtividade do rebanho (p-valor = 0,02). Adicionalmente, verificou-se que o leite como a principal atividade da família está significativamente correlacionado com o maior volume de produção e maior rentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Intensificação, regressão linear múltipla, pecuária leiteira.

ABSTRACT

Dairy confinement milk production systems have the potential to enhance farm production by replacing pasture-based systems. However, this requires specific investment and skilled labor. There is evidence in the literature that the adoption of compost barns (CB) can promote productivity and economic gains. The objective of this study was to evaluate the impact of CB adoption on the technical and economic performance of milk production systems in Minas Gerais. The data set utilized in this study consisted of 187 farms belonging to the SEBRAE-MG EDUCAMPO program from 2018. A descriptive analysis of the variables and multiple linear regression were conducted to determine the impact of social and technological characteristics of the farms on their technical and economic performance. The CB was used as a baseline in the regressions, and the other systems were incorporated into the model as dummy variables. The analyses were conducted using R-Studio. The average age of the producers was 55 years old, with an average of 22 years of experience. With regard to production systems, 48% of the farms employed the Semiconfined (SC) system, 28% utilized the Confined without structure (CSE), 18% the CB, 3% the Extensive (EXT), and 3% the Freestall (FS). The F statistic (p-value <0.01) indicated that the four specified models were adequate to explain the variance of the dependent variables. The model for total production indicated that farms utilizing the CB system had a greater volume of milk than those utilizing the EXT, SC, and CSE systems but were statistically similar to those utilizing the FS system. The same result is observed for the productivity of land and cows. The SC and CSE profitability tends to be lower than that of the CB. It is notable that farms utilizing the CB system also exhibited a higher profitability than those employing the EXT and FS systems. However, this was only statistically significant at the 10% level. In all models, control measures for farm size (area and lactating cows) were used. A statistically significant correlation was identified between family succession and herd productivity (p-value = 0.02). Additionally, the dependency of the family on dairy activity was found to be significantly correlated with the greater volume of production and greater profitability.

KEYWORDS: Intensification, multiple linear regression, dairy farming.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Introdução

A pecuária no Brasil surgiu em 1532, permanecendo incipiente por mais de três séculos. Com o encerramento do ciclo do café, em 1870, o cenário se modificou permitindo a modernização das fazendas. O primeiro marco de organização da cadeia produtiva do leite no Brasil foi em 1952, quando foi introduzida a classificação dos leites tipo A, B e C, conforme condições sanitárias da ordenha, processamento, comercialização e contagem microbiana. Essa legislação permaneceu vigente até o fim da década de 1990 (VILELA et al., 2017).

A produção de leite no Brasil tem um papel importante na geração de emprego e renda do país. A atividade está presente em quase todos os municípios do país e conta com mais de um milhão de produtores, além de gerar milhões de empregos nos outros segmentos da cadeia. Em 2023, o valor bruto da produção primária de leite chegou a R\$60 bilhões, ocupando a terceira posição dentre os produtos agropecuários nacionais mais comercializados (BRASIL, 2024). Na indústria de alimentos o setor de laticínios contribui para 16,5% dos alimentos industrializados na mesa dos Brasileiros, atrás apenas da indústria de carnes, pescados e derivados (ABIA, 2024).

Segundo dados da FAO, a produção de leite no Brasil no ano de 2022 totalizou 35,6 bilhões de litros, colocando o país como o terceiro maior produtor mundial de leite, atrás apenas da Índia e dos Estados Unidos, com 108,4 e 102,7 bilhões de litros, respectivamente. O Brasil é, historicamente, importador líquido de leite, sendo os principais produtos importados o leite pó (51,8%), queijos (28,7%) e soro de leite (5,9%) (FIESP, 2022). Apesar de ser importador de lácteos e apresentar uma produtividade abaixo de alguns países onde a atividade é mais desenvolvida, o Brasil possui regiões de excelência com produtividade média de 2.280 litros/vaca/ano, enquanto que a média no mundo é de 2.660 litros/vaca/ano, mostrando que o país tem tecnologia e vocação para a produção (NEIVA, 2024).

Os sistemas confinados são muitas vezes adotados em substituição aos sistemas baseados em pastagens. Nestes sistemas, as instalações para as

vacas têm influência direta na sua produção e na sua saúde. Instalações bem dimensionadas arejadas e de fácil manutenção oferecem maior conforto, diminuem as causas de estresse e permitem que os animais expressem seu potencial produtivo (GABRIEL MENONI DOS SANTOS, 2019).

O uso dos *Bedded-pack barns* foi desenvolvido na década de 1950 nos Estados Unidos e é composto por um galpão com uma cama de matéria orgânica.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da adoção do *Compost Barn* no desempenho técnico e econômico dos sistemas de produção de leite em Minas Gerais.

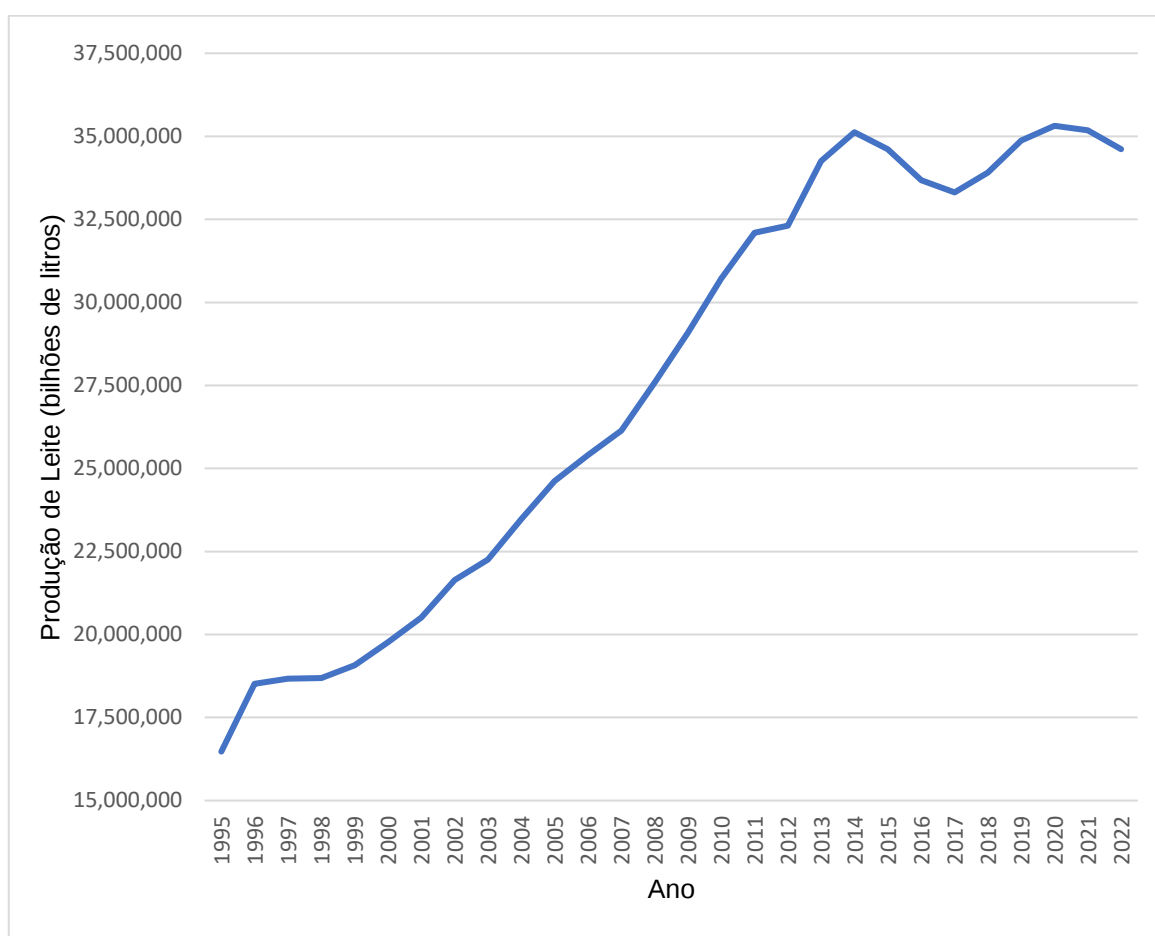
1.3 Estrutura do trabalho

Esta dissertação é composta pelos seguintes capítulos: além desta introdução, que faz uma descrição geral do tema em estudo, sua justificativa e objetivo geral, o segundo capítulo apresenta um artigo científico e o terceiro, as considerações finais, além das referências bibliográficas utilizadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A produção de leite no Brasil

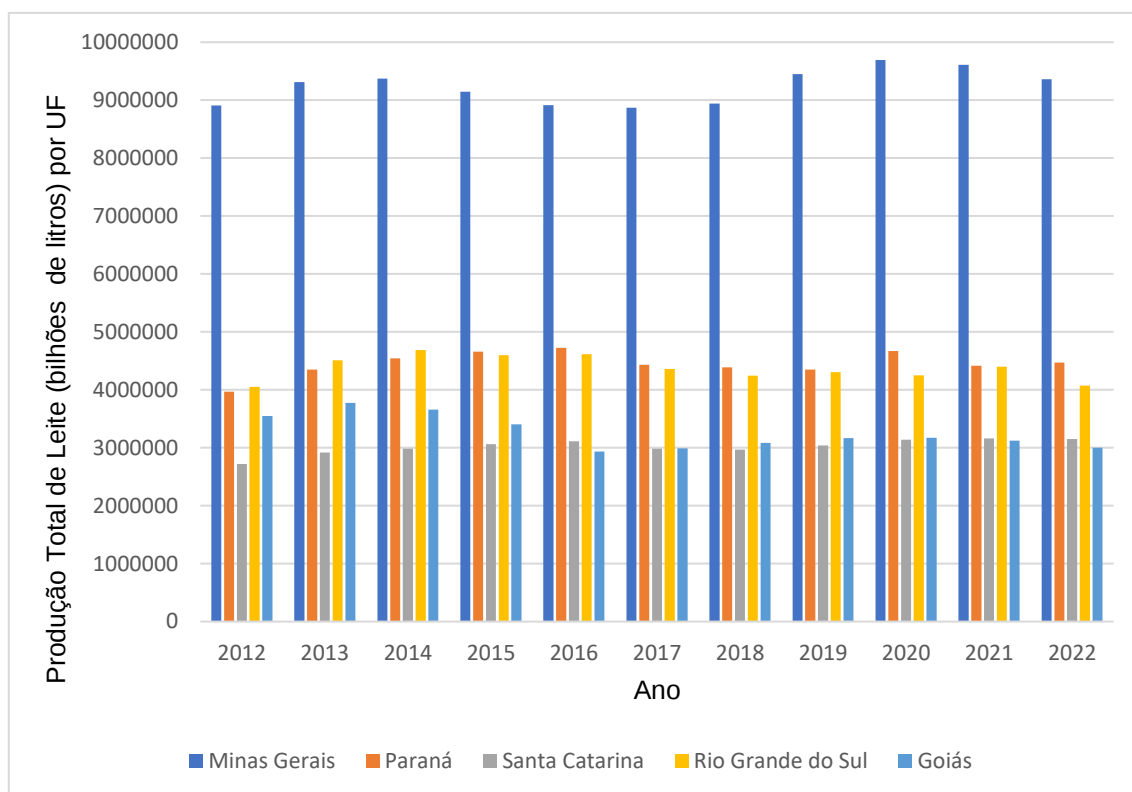
De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2019), o Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor global de leite, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia. Para alcançar essa posição destacada, a produção brasileira experimentou um notável aumento, saindo de 16,474 bilhões de litros por ano em 1995 para 35,124 bilhões de litros, em 2014. A partir desse ano, a produção se estabilizou em torno de 34 bilhões de litros (Figura 1).



Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal.

Figura 1. Produção total de leite no Brasil, de 1995 a 2022 (em bilhões de litros).

A produção de leite no Brasil está concentrada nas regiões Sudeste e Sul, representando 77% do leite inspecionado no Brasil. Minas Gerais é o Estado que tem a maior produção de leite, responsável por produzir 27,11% do total nacional, seguidos pelos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Goiás (figura 2) (IBGE, 2024).



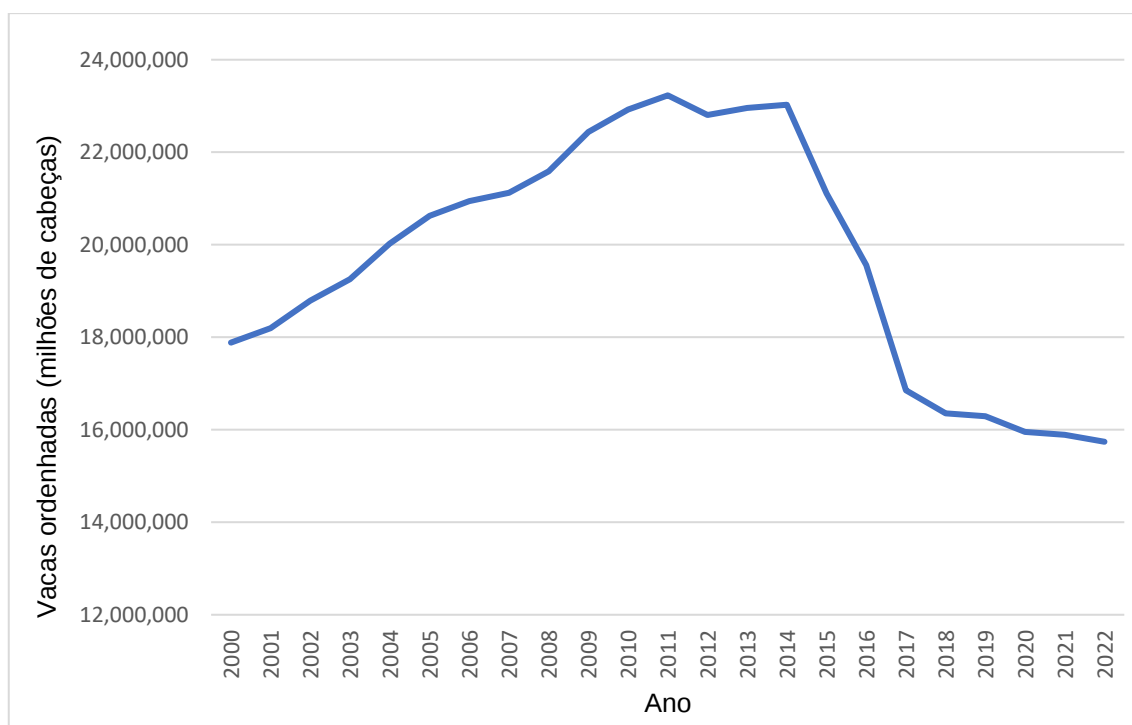
Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal.

Figura 2. Produção total de leite no Brasil por unidade de federação de 2012 a 2022.

Tanto no Brasil, quanto em outros países, tem-se observado uma consolidação no setor com saída de produtores e laticínios da atividade, sobretudo os menores (EMBRAPA, 2022). Portanto, o setor vem passando por grandes transformações ao longo das últimas duas décadas. A entrada de novos recursos tecnológicos auxiliou para que houvesse um aumento da produtividade dos animais, melhor utilização da terra e mão-de- obra e também da escala de produção das fazendas produtoras (ROCHA; CARVALHO; RESENDE, 2020).

2.2 Vacas ordenhadas e a produtividade

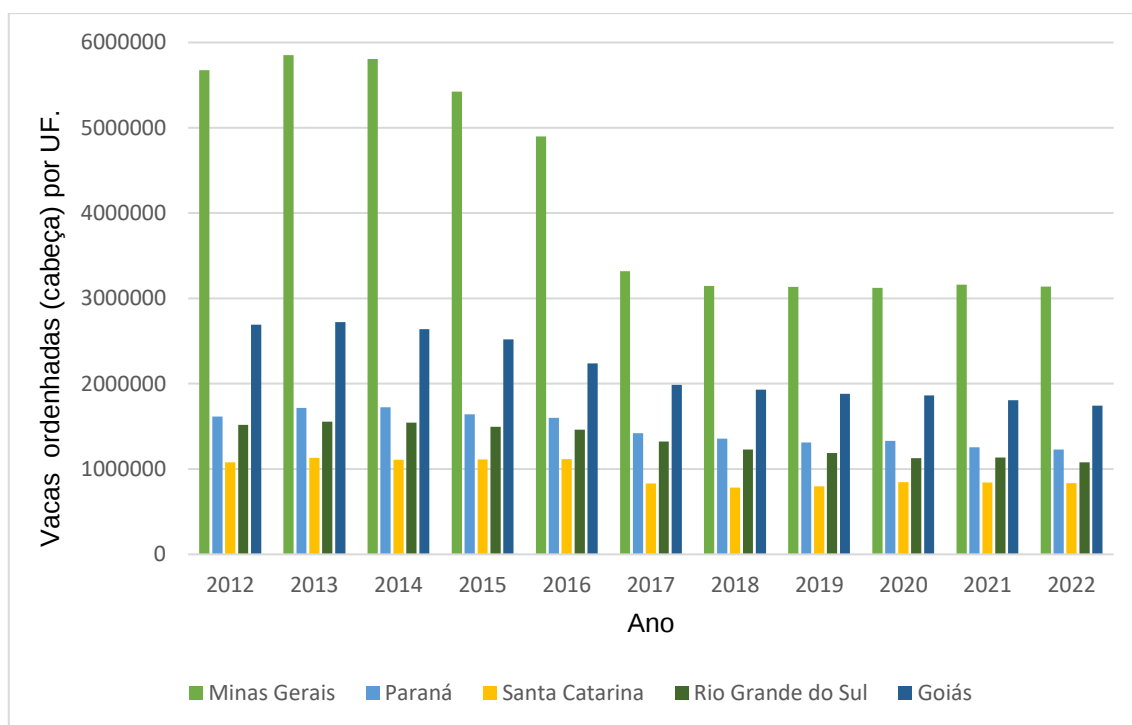
Apesar do crescimento da produção nacional de leite nos últimos anos, o número de vacas ordenhadas no Brasil tem diminuído. O rebanho que era constituído por 17.885 milhões de cabeças em 2000 aumentou para 23 milhões de cabeças em 2014, porém, a partir de 2015 observa-se uma redução expressiva, chegando a 16 milhões em 2022.



Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal.

Figura 3. Rebanho de vacas ordenhadas no Brasil, de 2000 a 2022 (em milhões de cabeças).

O estado de Minas Gerais detém o maior no número de vacas ordenhadas seguido por Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. E a redução do número de vacas observada no Brasil deve-se em grande parte à redução ocorrida no Estado de Minas Gerais (Figura 4).

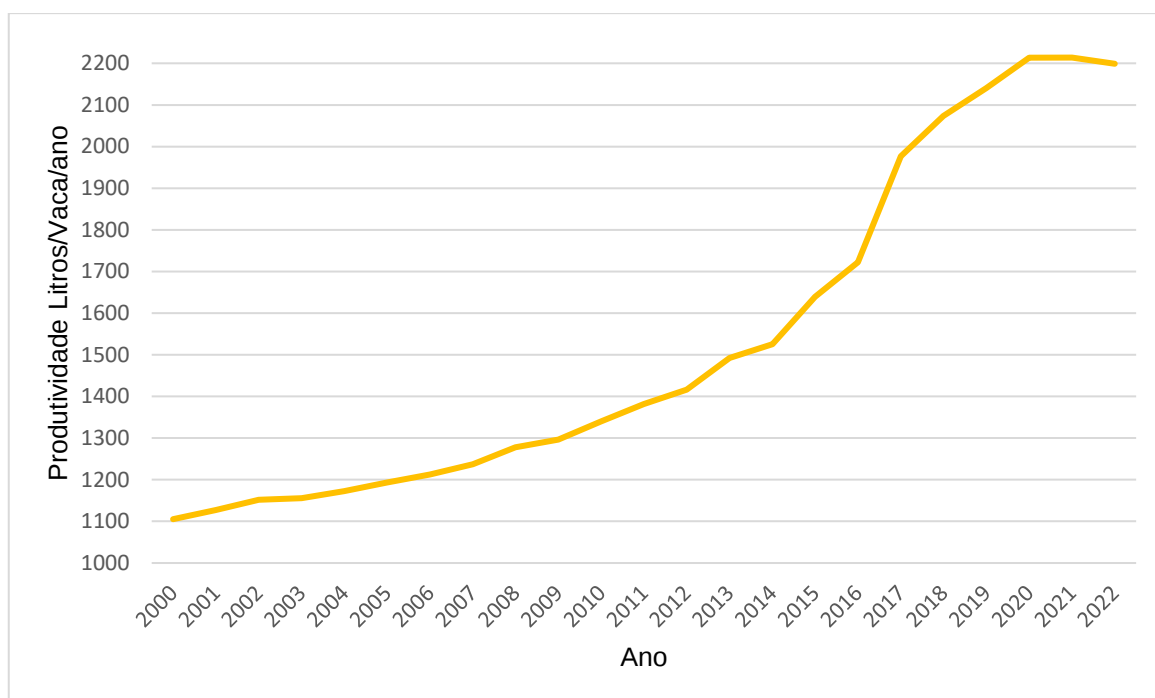


Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal.

Figura 4. Rebanho de vacas ordenhadas no Brasil, por Estados selecionados de 2012 a 2022 (em milhões de cabeças).

A diminuição no número de vacas ordenhadas reflete a realidade de propriedades que não acompanharam as evoluções na cadeia produtiva. Fazendas que não realizaram investimentos em saúde e nutrição animal, melhoramento genético e aprimoramento da infraestrutura para expansão da produção não se adaptaram às inovações tecnológicas. Provavelmente foram as que encerraram suas operações nesse segmento. Portanto, aprimorar a eficiência produtiva torna-se essencial para garantir a competitividade do setor leiteiro (REIS; MEDEIROS; MONTEIRO, 2011).

Nos últimos 10 anos, o rebanho de vacas ordenhadas passou de 22,8 milhões de cabeças para 15,7 milhões, um decréscimo de aproximadamente 31% no período. Apesar de ocorrer a queda no número de vacas, a captação de leite aumentou cerca de 7%, passando de 32,3, em 2012, para 34,6 em 2022. A redução do número de vacas e o incremento no volume produzido resultou em um maior rendimento do rebanho, uma alta de 56% nesse período (Figura 5) (IBGE., 2023).



Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal.

Figura 5. Produtividade total do rebanho brasileiro (Litros/Vaca).

2.3 Sistemas de produção de leite no Brasil

Os sistemas extensivos de produção de leite são caracterizados pela utilização de pastagens nativas e cultivadas como a principal fonte de proteína e energia, sendo suplementada apenas com sal mineral, e o rebanho é constituído por animais mestiços com alto grau de sangue de raças zebuínas (NOGUEIRA, 2022).

Nos sistemas intensivos em capital, geralmente os animais são confinados em galpões do tipo Freestall ou Compost Barn. A alimentação é composta de forragens conservadas fornecidas exclusivamente no cocho durante todo o ano. A mão-de-obra é mais especializada e, portanto, são maiores os investimentos em estruturas, genética e alimentação. Os animais são predominantemente puros de raças taurinas, mas há também produtores com animais mestiços com alto grau de sangue Holandês (VIANA, 2021).

A produção de leite no Brasil está migrando de sistemas menos produtivos para sistemas de produção com animais de potencial produtivo maior através de processos tecnológicos mais sofisticados (AURÉLIO LOPES; DOS SANTOS; DE MELO CARVALHO, 2021). No Brasil, de acordo com a pesquisa dos 100 maiores

produtores de leite, o confinamento total foi o sistema de produção mais prevalente, representando 83% da amostra, e apenas 15% destas propriedades atuam em sistemas baseados em pastagens. Ainda de acordo com essa pesquisa, em relação ao tipo de alojamento, as fazendas produtoras optam, principalmente, pelo Freestall (48%), seguido do Compost Barn (34%) (MILKPOINT, 2023). O uso de confinamentos em fazendas leiteiras é uma estratégia tecnológica que tem se difundindo no Brasil com o objetivo de aumentar a produção e obter ganhos de produtividade (ZANIN et al., 2015).

2.4 O Sistema Compost Barn

O *Compost Barn (CB)* foi desenvolvido nos Estados Unidos em meados da década de 50. Porém essa prática foi difundida mais amplamente ao final de 2001 pelos irmãos Tom e Mark Portner, de Sleepy Eye, no Estado de Minnessota (Giteski Junior, 2017). O CB já está sendo utilizado em muitos lugares do mundo, como: Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Itália, Holanda, Israel e, mais recentemente, no Brasil, sendo sua primeira instalação reconhecida na fazenda Santa Andrea, em Itararé – SP, no ano de 2012 (MONGE et al., 2019).

O CB é um sistema de produção destinado ao alojamento de vacas leiteiras, sendo composto por uma ampla área de cama, reservada para o descanso das vacas, que é separada de uma pista de alimentação por uma parede de concreto. Este sistema apresenta vantagens em relação aos outros tipos de confinamento como o Freestall e Tiestall, tais como: maior conforto para as vacas, melhor saúde das patas e pernas e bem estar animal (BARBERG; ENDRES; JANNI, 2007).

As condições de conforto em que as vacas são submetidas podem afetar o consumo de matéria seca, produção de leite, conversão alimentar e diretamente os custos de produção e resultados econômicos das fazendas (HILL; WALL, 2017). Níveis baixos de mastite subclínica e clínica em rebanhos alojados no sistema CB foram relacionados com a capacidade de manter uma limpeza mais adequada dos animais (ECKELKAMP et al., 2016). Estudos realizados sugerem que a implementação do sistema CB pode resultar em melhorias tanto na produção quanto no aspecto econômico de fazendas de bovinos leiteiros (BLACK et al., 2013; LESO, L. et al., 2020).

Embora o CB proporcione um maior bem-estar aos animais, ele exige manejo intensivo e grandes quantidades de matéria orgânica para compor a cama (BEWLEY; ROBERTSON; ECKELKAMP, 2017). Neste sentido, para se implantar um CB, são necessários investimentos na construção da estrutura de confinamento em maquinários e treinamento para manejo e manutenção da cama (KRÜGER et al., 2021).

Estudos anteriores destacam impactos positivos de ganhos de produtividade, eficiência reprodutiva e na qualidade do leite em sistemas de CB (Silano & Santos 2012). Há evidências também de que, apesar de demandar investimentos e modificações de práticas produtivas, o CB apresente sustentabilidade econômica no longo prazo nas fazendas produtoras de leite (SAKOGLOU; DRZEWINSKI; JUNIOR, 2020; SILVA, GUSTAVO RAFAEL DE OLIVEIRA, 2018). Porém, o alto investimento inicial nas instalações precisa ser compensado por incremento produtivo para que seja viável a adoção do sistema. E, por isso, os ganhos econômicos que podem ser promovidos pelo sistema CB devem ser quantificados (LESO, L. et al., 2020).

Em países de clima tropical, como é o caso do Brasil, o CB mostra-se promissor, pois o ambiente controlado minimiza o efeito do clima sobre os animais e possibilita alterações do manejo nutricional para aumento da produtividade do rebanho leiteiro (Giteski Junior, 2017).

Além dos desafios inerentes à saúde e ao bem-estar animal, a produção também enfrenta implicações econômicas e sociais, levantando dúvidas sobre a sustentabilidade do sistema a longo prazo, destacando a necessidade de adotar práticas que não apenas atendam aos requisitos técnicos, mas também sejam economicamente viáveis (SILVA; GAMEIRO, 2021).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA. **Alimentos industrializados**. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, 2024. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/temp/z2021113Alimentocienciafolder.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2024.

ALBINO, R. L. et al. Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. **Animal Production Science**, v. 58, n. 9, p. 1686–1691, 2017.

AURÉLIO LOPES, Marcos; DOS SANTOS, Glauber; DE MELO CARVALHO, Francisval. Comparativo de indicadores econômicos da atividade leiteira de sistemas intensivos de produção de leite no Estado de Minas Gerais. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 5, p. 208-237, set-out, 2021, v. 6, n. 5, p. 208–237, 2021.

BARBERG, A E; ENDRES, M I; JANNI, K A. COMPOST DAIRY BARNS IN MINNESOTA: A DESCRIPTIVE STUDY. v. 23, n. 2, p. 231–238, 2007.

BEWLEY, J M; ROBERTSON, L M; ECKELKAMP, E A. A 100-Year Review : Lactating dairy cattle housing management 1. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10418–10431, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13251>>.

BIASATO, Ilaria et al. Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: effects on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 1142–1153, 2 jan. 2019. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1828051X.2019.1623095>>.

BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, dez. 2013.

BRITO, Eduardo Corrêa. PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM COMPOST BARN: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade. **Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juíz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica.**, p. 57, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/3110>>.

COSTA, Cássia Castro da. **VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMPOST BARN EM UMA PROPRIEDADE RURAL EM SANTA CRUZ DO RIO PARDO-SP.** . [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: <<http://fatecassis.edu.xn--breditoresresponsveis-q0b>>.

DALCHIAVON, Ariberto et al. Análise comparativa de custos e produtividade de leite em diferentes sistemas de produção. **XXIV Congresso Brasileiro de Custos**, p. 16, 2017.

ECKELKAMP, E. A. et al. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v. 190, p. 35–42, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.05.017>>.

EMBRAPA. ANUÁRIO LEITE 2022. p. 59, 2022.

FIESP. **AGRONEGÓCIO DO LEITE: Produção, Transformação e Oportunidades.** São Paulo: [s.n.], 2022. Disponível em:

<<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/estudo-agronegocio-do-leite-producao-transformacao-e-oportunidades/>>.

GABRIEL MENONI DOS SANTOS, Gilmara Bruschi Santos; Marco Antonio Silva de Castro. **VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COMPOST BARN EM UMA PROPRIEDADE EM SÃO PEDRO DO TURVO-SP.** . [S.l: s.n.], 2019.

HILL, Davina L.; WALL, Eileen. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2240–2257, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11047>>.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas>>. Acesso em: 24 out. 2023.

JANNI, K A et al. COMPOST DAIRY BARN LAYOUT AND MANAGEMENT RECOMMENDATIONS. v. 23, n. 1, p. 97–102, 2007.

GITESKI JUNIOR, O.V.G; **Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira sobre a Implementação do Sistema de Compost Barn para uma Propriedade Rural no Município de Laranjeiras do Sul.** Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Laranjeiras do Sul, Curso de Ciências Econômicas. RS, 2017.

KRÜGER, Cristiane et al. **CONTABILIDADE RURAL: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO LEITEIRA EM CONFINAMENTO.** . [S.l: s.n.], 2021.

LESO, L. et al. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows.

Journal of Dairy Science, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-16864>>.

LESO, Lorenzo et al. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 3, p. 120–124, 2013.

LOPES, Indaia Dias. AGRICULTURA FAMILIAR: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL. p. 1–11, 2002.

MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; DE VRIES, A. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 399–408, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S1751731119001848>>.

MILK POINT. **QUEM PRODUZ O LEITE BRASILEIRO? 2023**. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/quem-produz-o-leite-brasileiro-dados-atualizados-de-2023-235177/>>.

MILKPOINT. **Levantamento TOP 100**. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/top100/top100-2023.pdf>>.

MONGE, Juan Leandro et al. INSTALACIONES PARA CONFINAMIENTO DE VACAS LECHERAS DEL TIPO COMPOST BARN EN LA ARGENTINA Y BRASIL: REVISIÓN. 2019, [S.l: s.n.], 2019.

NEIVA, Rubens. **Cadeia produtiva do leite vê cenário desafiador em 2024**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/86780410/cadeia-produtiva-do-leite-ve-cenario-desafiador-em-2024>>. Acesso em: 14 fev. 2024.

NOGUEIRA, Juliana Corrêa Borges Silva; Alessandra Corallo Nicacio; Eriklis. **A**

reprodução bovina e seus avanços. . [S.l: s.n.], 2022.

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

ROCHA, Denis Teixeira da; CARVALHO, Glauco Rodrigues; RESENDE, João Cesar de. Cadeia Produtiva Do Leite No Período. **Circular Técnica 123**, n. Juiz de Fora-MG, p. 1–15, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3PSZimf>>.

SAKOGLOU, Stephanie; DRZEWINSKI, Susan Breus; JUNIOR, Claudio kapp. VIABILIDADE ECONÔMICA-FINANCEIRA DA ATIVIDADE LEITEIRA EM SISTEMA COMPOST BARN ECONOMIC-FINANCIAL FEASIBILITY OF DAIRY ACTIVITY IN THE COMPOST BARN SYSTEM. **scientia rural**, v. 22, 2020.

SILANO, Camila; SANTOS, Marcos Veiga dos. **Compost Barn: Uma alternativa para o confinamento de vacas leiteiras**. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santos/compost-barn-uma-alternativa-para-o-confinamento-de-vacas-leiteiras-204771n.aspx>>.

Silva, J. C. B.; Nicacio, A. C.; Nogueira, E. (Ed.). A reprodução bovina e seus avanços. Embrapa Pantanal, Embrapa Gado de Corte. Boletim nº 57, análise da equipe de especialistas. Boletim ED. 57-12/07/2022-ANO 3. Embrapa, 2022.

SILVA, MIRIAN FABIANA DA; GAMEIRO, AUGUSTO HAUBER. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A PRODUÇÃO DE LEITE: UMA REVISÃO DE LITERATURA. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 5, p. 208-237, set-out, 2021, 2021. , n. July, p. 1–23.

SILVA, Gustavo Rafael de Oliveira et al. **Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite compost barn e free stall: uma comparação.** . [S.l: s.n.],

2020.

SILVA, GUSTAVO RAFAEL DE OLIVEIRA. **Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite compost barn e free stall: uma comparação.**

2018. Universidade Federal de Lavras - MG, 2018.

VIANA, Eduarda. **Sistemas de produção na pecuária leiteira.** Disponível em: <<https://esteiogestao.com.br/sistemas-de-producao-na-pecuaria-leiteira/>>.

Acesso em: 10 fev. 2024.

VILELA, Duarte et al. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 5–24, 2017. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1243>>.

ZAGO, Daniele. Intensificação sistêmica e PRECISA. p. 22–24, 2021.

ZANIN, Antonio et al. APURAÇÃO DE CUSTOS E RESULTADO ECONÔMICO NO MANEJO DA PRODUÇÃO LEITEIRA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA TRADICIONAL E O SISTEMA FREESTALL Verification of costs and economic result in the management of dairy production: a comparative analysis betw. n. November 2015, 2015.

1 Este artigo foi elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia
2 - RBZ

3 **CAPÍTULO 2:**

4 5 **Impacto da adoção de *Compost Barns* no desempenho técnico e econômico** 6 **dos sistemas de produção de leite em Minas Gerais**

7 **Impact of adopting Compost Barns on the technical and economic** 8 **performance of milk production systems in Minas Gerais**

9 **ABSTRACT**

10 The objective of this study was to assess the impact of adopting Compost Barn on
11 the technical and economic performance of dairy farms in Minas Gerais. The data
12 used came from 187 farms belonging to the EDUCAMPO program in 2018. Four
13 multiple linear regression models were estimated to measure the effects of
14 production systems and social characteristics on technical and economic
15 performance variables. The dependent variables in Models 1 (M1) and 2 (M2) were
16 daily production (liters/day) and cow productivity (liters/cow/day), respectively.
17 Model 3 (M3) analyzed land productivity (liters/hectare/year), and Model 4 (M4),
18 net margin (R\$/year). CB was used as the baseline in the regressions, and the other
19 systems were entered as dummy variables. Control measures for farm size (area and
20 lactating cows) were used in all models. M1 indicated that farms using CB had higher
21 milk production than those using EXT, SC and CSE. The same result was observed
22 for land and cow productivity (M2 and M3). In M4, the SC and CSE systems had lower
23 ML than CB. The possibility of family succession in dairy production was positively
24 associated with cow production and the fact that milk production is the family's
25 main activity was positively associated with total production and ML. It can be
26 concluded that the use of CB has the potential to improve the performance of dairy
27 production systems. However, profitability is comparable to that of other confined
28 systems.

29 **KEYWORDS:** Intensification, multiple linear regression, dairy farming.

30

31 **1. Introdução**

32 O confinamento de vacas leiteiras é uma estratégia para aumentar a
33 produtividade por meio do controle das condições ambientais no alojamento dos
34 animais, permitindo uma produção constante ao longo de todo o ano, independente
35 das condições climáticas. Nesse tipo de sistema, a alimentação é fornecida
36 exclusivamente no cocho e é baseada em alimentos conservados, como silagem de
37 milho, feno e com uso intensivo de ração concentrada (COSTA et al., 2022). Os
38 sistemas de produção de leite baseados no uso de pastagens são mais dependentes
39 do clima que os sistemas de confinamento, pois essas condições são determinantes
40 para o crescimento e a estabilização das pastagens, um dos principais constituintes
41 da dieta (ZAGO, 2021). É crescente o número de confinamentos para vacas leiteiras
42 no país, pois é uma alternativa que tende a aumentar a eficiência de uso dos recursos,
43 além de se aproveitar melhor as áreas agricultáveis (BEWLEY; ROBERTSON;
44 ECKELKAMP, 2017). No Brasil, a produção de leite em sistemas de confinamento é
45 tradicionalmente feita em sistemas do tipo Freestall (FS) e em *Compost Barn* (CB)
46 (MILK POINT, 2023).

47 O FS, também conhecido como estabulação livre, é um sistema de produção
48 confinado que consiste em um galpão contendo baias individuais no qual as vacas
49 são mantidas livres e a cama geralmente é revestida de material inorgânico (ZANIN
50 et al., 2015).

51 Os galpões do tipo CB recebem este nome por possuírem uma cama coletiva
52 feita de material orgânico, tal como serragem ou maravalha. Neste sistema os dejetos

53 das vacas são incorporados à cama e essa mistura gera um processo de
54 compostagem nas camadas mais profundas (ECKELKAMP, 2014).

55 Além dos fatores tradicionalmente considerados nos estudos prévios sobre a
56 intensificação de sistemas de produção de leite, nosso estudo incorpora variáveis
57 relacionadas à importância da sucessão familiar e a influência da mão-de-obra
58 familiar, na eficiência dos sistemas.

59 Portanto, este estudo tem o objetivo de avaliar o impacto da adoção de
60 *Compost Barns* no desempenho técnico e econômico dos sistemas de produção de
61 leite em Minas Gerais.

62 O estudo baseou-se em dados de Minas Gerais (MG) dada a sua relevância no
63 cenário da pecuária leiteira brasileira. MG é o Estado com maior produção de leite,
64 participando com 27% do total nacional. Suas principais regiões produtoras são o
65 Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (2,328 milhões de litros) e Sul/Sudoeste de Minas
66 (1,538 milhões de litros) (IBGE,2023). Dada a sua heterogeneidade de sistemas de
67 produção em suas regiões, as análises feitas para a cadeia do leite em MG permitem
68 que os resultados sejam interpretados amplamente para o contexto nacional.

69 **2. Metodologia**

70 O estudo baseou-se em 187 fazendas de Minas Gerais (MG) dada a sua
71 relevância no cenário da pecuária leiteira brasileira, referentes ao ano de 2018.

72 As fazendas foram divididas em cinco grupos definidos pelos sistemas de
73 produção predominante: Semiconfinado (SC), Confinado Sem Estrutura (CSE),
74 Compost Barn (CB), Extensivo (EXT) e Freestall (FS). No grupo SC as vacas
75 consomem a maior parte da sua dieta proveniente do pasto no período de

76 primavera/verão com alguma suplementação concentrada e no outono/inverno a
77 alimentação volumosa e concentrada é predominantemente fornecida no cocho. No
78 CSE as vacas são alimentadas com alimentos volumosos e concentrados ao longo de
79 todo o ano fornecido no cocho, porém permanecem livres em uma área de pastagem.

80 No sistema EXT, as vacas permanecem o ano todo nas pastagens podendo ter,
81 ou não, alguma suplementação volumosa e concentrada em alguns períodos do ano.
82 No CB e no FS as vacas são totalmente confinadas em galpões e toda a necessidade
83 alimentar é suprida com uma dieta balanceada volumosa e concentrada fornecida
84 no cocho. O que diferencia o CB do FS é somente a estrutura dos galpões e a
85 composição da cama dos animais.

86 Foi realizada a análise descritiva das variáveis de interesse e feita uma
87 regressão linear múltipla por meio dos mínimos quadrados ordinários para
88 mensurar a relação das características sociais e tecnológicas das fazendas (variáveis
89 independentes) sobre o seu desempenho técnico e econômico (variáveis
90 dependentes). Procurou-se isolar o efeito das variáveis relacionadas aos sistemas
91 de produção sobre o desempenho e foram utilizadas variáveis de controle. As
92 análises foram feitas utilizando o software R-Studio versão 4.3.1.

93 O modelo de regressão linear seguiu a seguinte especificação: $Y_i = \beta_0 +$
94 $\beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \epsilon$ onde, Y_i representa as variáveis dependentes de
95 eficiência técnica e econômica e $X_1, X_2, \dots, X_k$ representam as variáveis
96 independentes, incluindo os sistemas de produção e outras características sociais e
97 tecnológicas das fazendas; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ são os coeficientes estimados que
98 descrevem a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente e ϵ é
99 o termo de erro.

100 Para a construção dos modelos, todas as variáveis explicativas do banco de
101 dados foram testadas, incluindo, como por exemplo, ter a fazenda como única fonte
102 de renda, grau de escolaridade, idade e experiência, participação em cooperativas,
103 entre outras. No entanto, foram retidas apenas aquelas que tiveram contribuição
104 significativa para aumentar a capacidade explicativa da variabilidade nos dados. De
105 forma semelhante, diversas medidas de produção, produtividade e lucratividade
106 foram testadas para compor as variáveis dependentes em cada modelo.

107 Foram estimados quatro modelos com diferentes variáveis dependentes:
108 produção total de leite (M1), produtividade das vacas (M2), produtividade da terra
109 (M3) e margem líquida (M4). Os sistemas de produção foram inseridos nos modelos
110 como variáveis *dummy*, exceto o CB, que foi usado como base de comparação. Foram
111 utilizadas variáveis de controle para a escala de produção (número de vacas e área
112 da fazenda) e testadas algumas variáveis relacionadas aos atributos sociais que
113 poderiam influenciar as variáveis de desempenho de interesse, tais como sucessão
114 familiar.

115 Os modelos foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R^2) e pelo
116 teste F para verificar se o conjunto de variáveis independentes incluídas foi
117 importante na explicação da variância das variáveis dependentes. Foi testada a
118 presença de multicolinearidade entre as variáveis explicativas. Os resíduos foram
119 analisados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk), independência (Durbin-Watson),
120 homoscedasticidade (Breusch-Pagan). Após a estimativa dos coeficientes da
121 regressão, foi realizado o teste Wald para avaliar a significância das diferenças entre
122 os sistemas de produção.

3. Resultados

3.1 Estatísticas descritivas

A análise descritiva da amostra indica que a maior parte dos produtores adota o sistema SC, seguido do CSE e CB. Os sistemas EXT e FS representam uma menor fração da amostra. Para 44% dos produtores, o leite foi a principal fonte de renda da família, enquanto 33% dependem exclusivamente desta atividade econômica. A sucessão familiar da atividade leiteira é planejada por 43% dos produtores. Quanto à residência, 46% dos produtores residem na fazenda e 71% são descendentes de produtores rurais. A amostra indica ainda que, aproximadamente, 25% dos produtores possuem educação superior e 25% nível médio completo. A adesão a cooperativas de produção é observada em 52% dos produtores da amostra. As fazendas apresentaram heterogeneidade em suas características, quando analisadas por grupos de sistemas de produção (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição das variáveis categóricas relacionadas às características sociais e econômicas dos produtores de leite de Minas Gerais atendidos pelo programa EDUCAMPO no ano de 2018, por sistema de produção.

Var.	EXT	SC	CSE	FS	CB
1	5 (3%)	90 (48%)	53 (28%)	5 (3%)	34 (18%)
2	3 (60%)	42 (46%)	25 (47%)	1 (20%)	12 (35%)
3	4 (80%)	31 (34%)	12 (22%)	2 (40%)	14 (41%)
4	1 (20%)	35 (39%)	30 (56%)	2 (40%)	13 (38%)
5	2 (40%)	19 (21%)	15 (28%)	0 (0%)	7 (20%)
6	0 (0%)	25 (27%)	13 (24%)	1 (20%)	8 (23%)
7	3 (60%)	26 (29%)	8 (15%)	3 (60%)	8 (23%)

8	4 (80%)	55 (61%)	22 (41%)	2 (40%)	14 (41%)
9	1 (20%)	37 (41%)	33 (62%)	1 (20%)	15 (44%)
10	5 (100%)	67(74%)	39 (73%)	4 (80%)	18 (52%)

* apenas 138 fazendas indicaram o grau de escolaridade. 1 - Número de Fazendas; 2 - Leite principal atividade; 3 - Propriedade como única fonte de renda; 4 - Filhos na sucessão; 5 - Escolaridade (fundamental); 6 - Escolaridade (médio); 7 - Escolaridade (superior); 8 - Pertence à cooperativa de produção; 9 - Moradia na fazenda; 10- Descende de produtores rurais.

A idade média dos produtores que compõem a amostra foi de 55 anos (min 29, máx 87 desvpad 12,4) e experiência média de 22 anos (min 1, máx 51 desvpad 12,4) na atividade leiteira. A área média para produção foi de 98 hectares (min 600, máx 1.008 desvpad 96,9), com produção média de 1.816 litros de leite por dia (min 270, máx 10.245 desvpad 1.595). Em média, as fazendas possuem 97 vacas em lactação (min 18, máx 612 desvpad 70,3), com produtividade de 18,3 litros por dia (min 7,1 máx 36,2 desvpad 5,2). A produtividade da terra foi em média 8.800 litros por hectare por ano (min 736 máx 45.051 desvpad 6.939) e a margem líquida média anual de R\$169.146 por ano (min -163.074, máx 1.491.858 desvpad 221.237).

Quando estratificados por sistema de produção, nota-se que, em média, os sistemas em confinamento com estruturas (FS e CB) têm maior produção diária, produtividade e desempenho econômico quando comparados com os demais sistemas. Os sistemas SC e CSE são semelhantes, e o EX é o de menor produção, produtividade e desempenho econômico (Tabela 2).

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis contínuas relativas às características dos produtores de leite de Minas Gerais atendidos pelo programa EDUCAMPO no ano de 2018, por sistema de produção.

Var	Médias					Desv Pad.	Mín.	Máx.
	EXT	SC	CSE	FS	CB			
1	50	57	53	62	53	12.41	29	87

2	13	23	21	27	24	12,43	1.00	51
3	76.5	127.3	70.5	61.3	73.6	96.86	600	1008
4	695	1.417	1.598	3.577	3.116	1.595	269.9	10245
5	56	90	88	124	121	70.27	18	612
6	73	114	107	114	145	83.40	22	701
7	0.76	0.79	0.82	1.09	0.83	-	-	-
8	14.6	15.2	18.2	26,8	25.7	5.224	7.110	36.260
9	4.091	4.911	9.654	19.995	16.812	6.939	736	45.051
10	35.402	146.543	141.241	173.576	291.493	221.237	-163.074	1.491.858

160 1 - Idade (anos); 2 - Experiência na atividade (anos); 3 - Area para produção(ha); 4 - Produção
161 (L/dia); 5 - Vacas em lactação (cabeças); 6 - Total Vacas (cabeças); 7 - Vacas Lact/Total Vacas; 8 -
162 Produtividade (L/vaca/dia); 9 -Produção (L/ha/ano); 10 - Margem líquida (R\$/ano).

163 A análise descritiva das características das fazendas permite uma
164 comparação entre os sistemas. No entanto, não se pode concluir que as médias dos
165 grupos são estatisticamente diferentes. Da mesma forma, uma análise de variância
166 com um teste de média simples (teste t) poderia auxiliar na análise comparativa, mas
167 dada as heterogeneidades entre os grupos, não seria possível afirmar que as
168 diferenças encontradas seriam em função apenas dos sistemas adotados. Para
169 contornar essa limitação (ao menos de forma parcial), a análise de regressão
170 permite controlar as principais características de heterogeneidade entre os grupos,
171 como, por exemplo, a escala de produção e o tamanho das fazendas.

172 3.2 Análise de Regressão

173 Entre os quatro modelos estimados, M1 apresentou o melhor ajustamento
174 ($R^2 = 0,87$) em relação aos demais e todos foram bem especificados de acordo com
175 o teste F ao nível de significância de 5% de probabilidade (Tabela 3).

176 **Tabela 3** - Modelos de regressão para produção (M1), produtividade do rebanho
 177 (M2), produtividade da terra (M3) e margem líquida (M4) em diferentes sistemas de
 178 produção de leite, em Minas Gerais.

	Modelos			
	M1	M2	M3	M4
	(Litros/dia)	(L/vaca/dia)	(L/ha/ano)	(R\$/ano)
Intercepto	675 (<0.01)	24 (<0.01)	14.827 (<0.01)	7.340 (0.860)
EXT	-1,378 ^a (<0.01)	-10.2 ^a (<0.01)	-10453 ^a (<0.01)	-121.451 ^a (0.011)
SC	-1,205 ^a (<0.01)	-9,9 ^a (<0.01)	-9.209 ^a (<0.01)	-110.577 ^a (<0.01)
CSE	-891 ^a (<0.01)	-7,3 ^a (<0.01)	-6.119 ^a (<0.01)	-108.207 ^a (<0.01)
FS	499 ^b (0.11)	0,74 ^b (0.66)	2.808 ^b (0.21)	-131.999 ^a (0.004)
Vacas *	15.8 (<0.01)	0.003 (0.25)	30.2 (<0.01)	1.868 (<0.01)
Área *	- -	- -	-32.2 (<0.01)	- -
Principal Atividade *	200 (0.04)	- -	- -	- -
Sucessão Familiar*	- -	1.2 (0.02)	- -	62.153 (<0.01)
Valor F	165.5 (<0.01)	37.9 (<0.01)	37.6 (<0.01)	38.03 (<0.01)
R ² ajustado	0.87	0.59	0.53	0.59

179 *Variáveis de controle. Valores entre parêntesis referem-se ao nível de significância dos coeficientes
180 (p-valor). Letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas entre os sistemas pelo teste
181 de Wald ao nível de significância de 1%.

182 Em M1, a significância e o sinal negativo dos coeficientes das variáveis
183 relacionadas aos sistemas de produção indicam os sistemas EXT, SC e CSE com
184 menor produção diária média de leite em relação ao uso do CB. A magnitude dos
185 valores está de acordo com o esperado, ou seja, o sistema EXT tem a menor
186 produção, seguido do SC e CSE. O sistema FS se mostrou estatisticamente
187 semelhante ao CB ao nível de significância de 1% (Tabela 3).

188 Em M2, observa-se que os sistemas EXT, SC e CSE têm menor produtividade
189 das vacas quando comparados com o CB (Tabela 3). Da mesma forma que para a
190 produção diária, o uso do sistema FS não tem efeito significativo na produtividade
191 das vacas, quando comparado ao CB, mas, como esperado, este difere em relação aos
192 demais sistemas menos intensivos (EXT, SC e CSE).

193 Os coeficientes do modelo para Produtividade da terra seguiram o mesmo
194 padrão dos modelos para produção e produtividade do rebanho. O uso dos sistemas
195 EXT, SC e CSE reduz significativamente a produtividade da terra quando comparados
196 com o CB, porém, isso não é observado no uso do FS. De forma semelhante, FS difere
197 de EXT, SC e CSE e estes três últimos não diferem entre si. As variáveis de controle
198 para o tamanho das fazendas foram importantes para o ajuste desse modelo. A
199 variável Área apresentou um efeito negativo significativo e Vacas contribui
200 positivamente para a produtividade da terra.

201 Entre as variáveis de desempenho econômico disponíveis no banco de dados,
202 a que melhor se ajustou em um modelo foi a Margem Líquida, com um coeficiente de
203 determinação (R^2) de 0,59 (Tabela 3). É importante destacar que a variável Margem

204 Bruta também foi testada, porém não foi mantida no modelo final devido à falta de
205 significância estatística do seu coeficiente.

206 Assim como no modelo para produtividade da terra, grande parte da
207 variância dos dados foi explicada ao se inserir a variável de controle para o tamanho
208 das fazendas (Vacas). A adoção dos sistemas SC, CSE potencialmente reduz a
209 margem líquida quando comparados com o CB. O efeito do sistema EXT sobre a
210 média da margem líquida foi significativo ao nível de 10% de probabilidade. De
211 forma contrária aos modelos de eficiência técnica, o FS tem potencial para reduzir a
212 margem líquida em relação ao CB. Quando os sistemas são avaliados
213 comparativamente pelo teste Wald de coeficientes, observa-se semelhança
214 estatística em suas margens líquidas (Tabela 3). A variável Sucessão Familiar
215 apresentou correlação significativa e coerente para explicar a produtividade do
216 rebanho e a margem líquida da atividade leiteira. Ter o leite como a principal fonte
217 de renda da família se mostrou positivamente correlacionada com a produção total
218 de leite.

219 Apenas os modelos de Produção e Produtividade da terra apresentaram
220 normalidade nos resíduos ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo
221 teste Shapiro-Wilk. O teste de Durbin-Watson indicou ausência de autocorrelação
222 nos resíduos apenas para o modelo de Produção. Todos os modelos, com exceção do
223 modelo para Margem Líquida apresentaram homoscedasticidade dos resíduos pelo
224 teste de Breusch-Pagan ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 4). Para minimizar
225 a heterocedasticidade presente nos erros do modelo de Margem Líquida, a sua
226 estimação foi feita utilizando a matriz de covariância robusta de Huber-White
227 (Gujarati e Porter 2009).

228 **Tabela 4** - Análise dos resíduos dos modelos pelos Testes de Shapiro-Wilk (SW),
 229 Durbin-Watson (DW) e Breusch-Pagan (BP).

Teste	Modelos			
	M1	M2	M3	M4
SW (p-valor)	<0.05	0.692	<0.05	0.094
DW (p-valor)	0.94	0.032	0.006	0.026
BP (p-valor)	0.07	0.279	0.188	<0.01

230

231 **4. Discussão**

232 Em média, nosso resultado indica que os sistemas em confinamento com
 233 estruturas (FS e CB) apresentam maior produção diária, produtividade e
 234 desempenho econômico, em comparação com outros sistemas. Esses resultados
 235 confirmam as descobertas de Mariano (2018), destacando que a implementação do
 236 sistema CB resultou em fazendas com maiores produções por vaca em lactação e
 237 margens superiores, viabilizando os investimentos.

238 Complementarmente, nossos resultados evidenciam a influência de fatores
 239 como a possibilidade de sucessão familiar nas fazendas e o grau de dependência da
 240 renda gerada pela atividade leiteira para explicar os ganhos de produção e
 241 produtividade. Apesar de não podermos dissociar uma relação de causa e efeito, a
 242 variável Sucessão Familiar teve relação positiva e significativa com a produtividade
 243 das vacas e na Margem Líquida.

244 A variável sucessão familiar refere-se à existência ou não de sucessores
 245 trabalhando na atividade leiteira da fazenda. Esse processo desempenha um papel
 246 crucial no negócio, pois a continuidade bem-sucedida da operação e a preservação
 247 do conhecimento e tradições familiares são fundamentais para garantir a

248 estabilidade e o sucesso a longo prazo na produção de leite. Neste sentido, Zambiasi
249 (2021) indica que a sucessão familiar no Brasil impacta diretamente na gestão,
250 tomada de decisões e na manutenção da integridade e cultura da fazenda leiteira ao
251 longo das gerações.

252 Os trabalhos de Brito (2016), Dalchiavon et al.(2017) e ; Giteski Junior(2017)
253 encontraram ganhos técnicos e econômicos dos sistemas de produção confinados
254 em relação aos baseados em pastagem em semiconfinados e viabilidade do uso de
255 sistemas do tipo CB. Dalchiavon *et al.*, 2017 relatam em seu trabalho uma
256 produtividade do rebanho maior nos sistemas em confinamento com estruturas (FS
257 e CB), quando comparados com o sistema tradicional, que vai de encontro ao
258 observado também no nosso trabalho.

259 Diversos autores observaram melhorias significativas após a adoção do CB.
260 Black et al. (2013) observaram um ganho de 376kg de leite na lactação média das
261 vacas de oito fazendas americanas após a implantação do CB. Em outro estudo
262 conduzido por Black (2013), ocorreu uma diferença na média de, aproximadamente,
263 261 kg de leite na lactação de 7 fazendas. Em ambos os trabalhos os animais
264 encontravam-se em um galpão FS, onde já tinham um nível de conforto satisfatório,
265 e foram transferidos para o CB. O pico da lactação dos animais estudados também
266 aumentou de 38,7 para 40,0 kg/dia, contribuindo para o aumento da produção total
267 da lactação. Leso et al.(2013) identificaram na Itália que a maioria dos produtores
268 entrevistados por ele expressaram satisfação com o CB e relataram a melhora do
269 bem-estar animal como sendo uma das principais vantagens em se utilizar o sistema.
270 Estes relatos vão ao encontro do observado por Barberg; Endres; Janni(2007) em
271 Minnesota, nos Estados Unidos, em que os 12 produtores entrevistados se
272 mostraram altamente satisfeitos com o uso do CB.

273 Bewley et al. (2017) apresentaram resultados favoráveis em relação ao
274 aumento da produção de leite (1,4 a 2,1 kg) ao transferir vacas de um FS para um
275 CB. Também, Black et al. (2013) constataram um acréscimo de 0,8 kg por vaca/dia
276 durante a transição de um sistema de FS para CB, e um aumento de 1,4 kg após a
277 adaptação em oito fazendas americanas.

278 Em um estudo adicional conduzido por Black et al. (2013) em sete fazendas,
279 foi registrado um aumento de 1,1 kg de leite por dia após a introdução do sistema
280 Compost Barn (CB). Astiz et al. (2013) identificaram um acréscimo de 1,7 kg de leite
281 por dia ao transferir as vacas para o sistema Compost Barn (CB). Segundo Fregonesi
282 e Leaver (2002), o tempo em que as vacas ficam deitadas é um bom indicador de
283 bem-estar animal. O manejo e o alojamento influenciam em muito esse tempo e a
284 produção diretamente.

285 Grant (2007) avaliou vários trabalhos relacionando o tempo em que as vacas
286 permaneciam deitadas e a produção de leite e relatou que, para cada hora a mais que
287 o animal permanece deitado, aumentou 1,6 kg de leite por dia. Isso pode estar
288 associado à superioridade técnica observada nos sistemas CB. Esses resultados
289 corroboram nossas conclusões, destacando que os sistemas confinados com
290 estruturas apresentam uma produção diária significativamente superior, em
291 comparação com os sistemas menos tecnificados.

292 Damasceno (2012) constatou que, mediante uma gestão eficaz do sistema de
293 compostagem da cama nos sistemas CB, as vacas mantêm uma condição mais limpa,
294 resultando em aumento na produção de leite e redução de problemas de
295 claudicação. Barberg, Endres e Janni (2007) notaram alterações progressivas no
296 desempenho e na saúde, ao realizar a transição para uma nova instalação de

297 alojamento para as vacas. Eles também perceberam um aumento no consumo de
298 matéria seca, o que resultou em um aumento na produção.

299 A variável Principal Atividade indica que a família tem no leite a sua principal
300 fonte de renda. Os resultados indicam que essa variável tem uma relação positiva e
301 significativa com produção diária de leite. Segundo Posadas-Domínguez et. al
302 (2014), esse fator tem potencial para influenciar as estratégias de gestão, a alocação
303 de recursos e as decisões relacionadas à produção e comercialização de leite, sendo
304 um fator crítico para compreender o desempenho e a sustentabilidade das fazendas
305 leiteiras. Krüger et al. (2021) destacam a importância da agricultura familiar e a
306 necessidade de manutenção das políticas públicas de fomento para sua manutenção,
307 dada sua importância como fonte de geração de renda e fornecedora de alimentos.

308 As variáveis de controle para o tamanho das fazendas utilizadas em nossas
309 análises indicam que fazendas maiores têm maior produção e maiores margens
310 líquidas. No entanto, isso não está relacionado com a maior produtividade do
311 rebanho; isso é um indício de que a atividade leiteira é dependente dos ganhos de
312 escala para se viabilizar. Neste sentido, os resultados de Gelan e Muriithi (2015)
313 indicam que as ineficiências observadas em fazendas leiteiras de países tropicais
314 não se devem a sua escala de produção, mas a outras restrições no uso dos recursos
315 agrícolas. Segundo Muhammad Ayaz e Mazhar Mughal (2022), a relação entre o
316 tamanho das explorações agrícolas e a produtividade é influenciada
317 significativamente pela eficiência da mão-de-obra familiar.

5. Conclusão

Os resultados apontam efeitos positivos do uso do sistema Compost Barn em relação aos sistemas menos intensificados como o Extensivo, Semiconfinado e Confinado sem estrutura, no que diz respeito à produção e produtividade da atividade leiteira. Não foi observada diferença significativa entre o uso do CB com outros sistemas de confinamento, como o Freestall.

O modelo que avaliou o desempenho econômico não se ajustou tão bem quanto os modelos de desempenho produtivo. No entanto, há evidências de que a adoção dos sistemas SC, CSE e FS tem menor eficiência econômica média dos produtores de leite estudados. Não foi detectada diferença estatística para essa variável na adoção do sistema Extensivo.

A existência da possibilidade de sucessão familiar nas fazendas e o grau de dependência da família da geração de renda pela atividade leiteira se mostraram correlacionados com ganhos de produção e produtividade.

Apesar da amostra do estudo ser composta por um grupo de produtores que recebem assistência técnica de um programa público-privado e os resultados não podem ser generalizados, é possível extrair dos resultados informações para o direcionamento de políticas públicas e estratégias de intensificação dos sistemas de produção de leite no Brasil.

6. Referências

- ALBINO, R. L. et al. Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. **Animal Production Science** 58:1686–1691. <https://dx.doi.org/10.1071/AN16308>.
- Astiz, S., Sebastian, F., Fargas, O., Fernández, M., & Calvet, E. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: A comparative study. **Elsevier. Livestock Science** 159:161–164. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.10.028>.
- Gelan. A.; Muriithi. B. W.; Examining Returns to Scale in Smallholder Dairy Farms in East Africa Quarterly. **Journal of International Agriculture** 54 (2015), No. 3: 239-261
- Barberg, Abby E. ; Endres, Marcia I. ; Janni, Kevin A. / **Compost dairy barns in Minnesota : A descriptive study**. In: Applied Engineering in Agriculture. 2007 ; Vol. 23, No. 2. pp. 231-238.
- BEWLEY, J M; ROBERTSON, L M; ECKELKAMP, E A. **A 100-Year Review : Lactating dairy cattle housing management**. Journal of Dairy Science 100:10418–10431. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13251>>.
- Biasato, I., D'Angelo, A., Bertone, I., Odore, R., & Bellino, C. (2019). **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, 18(1), 1142–1153. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1623095>
- BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and

368 producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, dez.
369 2013.

370 Black R,A. Taraba J,L. Day G,B. Damasceno F,A. Bewley J,M.; **Compost bedded pack**
371 **dairy barn management, performance, and producer satisfaction**. J Dairy Sci.
372 2013;96(12):8060-74. doi: 10.3168/jds.2013-6778. PMID: 24404593.

373 BRITO, Eduardo Corrêa. PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM COMPOST BARN:
374 Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade. **Dissertação (mestrado**
375 **profissional) - Universidade Federal de Juíz de Fora, Faculdade de Farmácia e**
376 **Bioquímica.**, p. 57, 2016. Disponível em:
377 <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/3110>>. Acesso em: 23 de Janeiro de
378 2024.

379 COSTA, C. C.; Viabilidade Econômica da Implantação de um Sistema de Compost Barn
380 em uma Propriedade Rural em Santa Cruz do Rio Pardo – SP. **Revista de Gestão e**
381 **Estratégia**, Santa Cruz do Rio Pardo, vol. 3, nº. 1, ano 2021, ISSN 2674-6743.

382 Costa, I. E. C. da; Ferrer, D. M. V.; Pinheiro Junior, A. A.; Silva, R. S. T. da; Sturm, B. R.;
383 Martins, A. V. (2022). Implantação do Sistema Intensivo na Criação de Bovino
384 Leiteiro em uma Propriedade Rural no Município do Carmo/RJ – Relato de Caso.
385 **Revista de Medicina Veterinária do UNIFESO**, v. 2, n. 1, p. [79]-[87], jan./mar.
386 2022. ISSN 2764-3263.

387 Dalchiavon, Ariberto & Heberle, Eder & Rose, Denise & Fank, Bracht & Zanin, Antonio
388 & Wernke, Rodney. (2018). **Análise comparativa de custos e produtividade de**
389 **leite em diferentes sistemas de produção**. Custos e Agronegocio. 14. 147-168.

390 DAMASCENO, F. A. **Compost Bedded Pack Barns System and Computational**

391 **Simulation of Airflow Through Naturally Ventilated Reduced Model.** 2012. Tese
392 (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,
393 Minas Gerais, Brasil.

394 Eckelkamp, E. A., "Compost bedded pack barns for dairy cattle: bedding performance
395 and mastitis as compared to sand freestalls" (2014).Theses and Dissertations--
396 Animal and Food Sciences. 43.
397 [https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=animalsci](https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=animalsci_etds)
398 [i_etds](https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=animalsci_etds)

399 Fregonesi, J.A., & Leaver, J.D. (2002). **Influence of space allowance and milk yield**
400 **level on behaviour, performance and health of dairy cows housed in strawyard**
401 **and cubicle systems.** Livestock Production Science, 78, 245-257.

402 GRANT, R. 2007. **Taking advantage of natural behavior improves dairy cow**
403 **performance.** Pages: 225-236 in Proc. Western Dairy Management Conf., Reno, NV.

404 JANNI, K A et al. **COMPOST DAIRY BARN LAYOUT AND MANAGEMENT**
405 **RECOMMENDATIONS.** v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

406 JUNIOR, O.V.G; Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira sobre a
407 Implementação do Sistema de Compost Barn para uma Propriedade Rural no
408 Município de Laranjeiras do Sul. **Dissertação (Mestrado)** Universidade Federal da
409 Fronteira Sul, Campus de Laranjeiras do Sul, Curso de Ciências Econômicas. RS,
410 2017.

411 Krüger, C., Raddatz, J. C., da Silva, L. I., Goldschmidt, D., & Zumba, N. **Contabilidade**
412 **Rural: Avaliação Econômica de um Sistema de Produção Leiteira em**

413 **Confinamento.** Curso de Ciências Contábeis. Universidade Federal de Santa Maria,
414 RS, 2021.

415 LESO, Lorenzo et al. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of**
416 **Agricultural Engineering**, v. 44, n. 3, p. 120–124, 2013.

417 LIMA NETTO, Expedito Pereira. Desempenho Técnico e Econômico dos Sistemas de
418 Produção de Leite Semiconfinado e Compost Barn em Minas Gerais. Viçosa - Minas
419 Gerais, 2022. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Viçosa,
420 Departamento de Zootecnia, 2022. DOI:
421 <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.079>. Acesso em 23 de janeiro de 2024.

422 MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; DE VRIES, A. Production, economic viability
423 and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded
424 pack systems. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 399–408, 2020. Disponível em:
425 <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731119001848>. Acesso em 19 de Janeiro de
426 2024.

427 Mariano, William Heleno. Impacto Técnico e Econômico da Migração do
428 Semiconfinamento para o Compost Bedded Pack. **Trabalho de Conclusão de Curso.**
429 Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais - Brasil, 2018.

430 MILK POINT. **QUEM PRODUZ O LEITE BRASILEIRO? 2023.** Disponível em:
431 <[https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/quem-produz-o-leite-](https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/quem-produz-o-leite-brasileiro-dados-atualizados-de-2023-235177/)
432 [brasileiro-dados-atualizados-de-2023-235177/](https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/quem-produz-o-leite-brasileiro-dados-atualizados-de-2023-235177/)>. Acesso em: 01 de fevereiro de
433 2024.

434 Monge, J. L. et al. Instalaciones para Confinamiento de Vacas Lecheras del Tipo
435 Compost Barn en la Argentina y Brasil: Revisión. In: II Simpósio Internacional de

436 Ambiência e Engenharia na Produção Animal Sustentável. **VI Simpósio Nacional de**
437 **Construções Rurais e Ambiência.** Lavras-MG, 5 a 7 de junho de 2019. ISBN: 978-
438 8566836-24-0.

439 Muhammad Ayaz, Mazhar Mughal. Farm Size and Productivity -**The Role of Family**
440 **Labor.** 2022.

441 OLIVEIRA, V C et al. **Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais :**
442 **architectural and technological characterization.** v. 17, n. 5, p. 2016–2028, 2019.

443 Posadas-Domínguez, R.R., Arriaga-Jordán, C.M. & Martínez-Castañeda, F.E.
444 Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale
445 dairy production systems in central Mexico. **Trop Anim Health.** Prod 46, 235–240
446 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0482-4>.

447 SILANO, C.; SANTOS, M. V. **Compost Barn: Uma alternativa para o confinamento**
448 **de vacas leiteiras.** Milk Point (O ponto de encontro da cadeia produtiva do leite).
449 Artigo publicado em: 10/11/12. Disponível em:
450 <[https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santos/compost-barn-](https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santos/compost-barn-uma-alternativa-para-o-confinamento-de-vacas-leiteiras-204771n.aspx)
451 uma-alternativa-para-o-confinamento-de-vacas-leiteiras-204771n.aspx>. Acesso
452 em: 12 de Janeiro de 2024.

453 Silva, G. R. O; Lopes, M. A; Lima, A. L. R; Costa, G. M.; Damasceno, F. A; Barros, V. P;
454 Barbari, M. Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite em compost
455 barn e free stall: um comparativo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 3,
456 p. 1165-1184, maio/jun. 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n3p1165.

457 Zago, D. et al. **Intensificação sistêmica e PRECISA.** 2021. Disponível em:
458 <https://www.ufrgs.br/nespro/wp-content/uploads/2021/05/22-MANEJO->

459 [AG246.pdf](#). Acesso em: 02 de fevereiro 2024.

460 Zambiasi, Larissa de Souza. A Gestão e a Sucessão Familiar na Atividade Leiteira.
461 **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Cruz Alta / Unicruz, Mestrado
462 Profissional em Desenvolvimento Rural, Cruz Alta, 2021.

463 ZANIN, A.; FAVRETTO, J.; POSSA, A.; MAZZIONI, S.; ZONATTO, V.C.S. Apuração de
464 custos e resultado econômico no manejo da produção leiteira: Uma análise
465 comparativa entre o sistema tradicional e o sistema freestall. **Organizações Rurais**
466 **& Agroindustriais**, v. 17, n. 4, 2015.

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

487

488
489 Os resultados desta pesquisa trouxeram achados relevantes sobre o
490 impacto da adoção de Compost Barns (CB) no desempenho técnico e econômico
491 dos sistemas de produção de leite em Minas Gerais. A análise descritiva da
492 amostra evidenciou a predominância do sistema Semiconfinado, seguido por
493 Confinado Sem Estrutura e CB. Observou-se que sistemas mais intensivos,
494 como Freestall (FS) e CB, apresentam maior produção diária, produtividade e
495 desempenho econômico, em comparação com sistemas menos intensivos.

496 Os modelos de regressão forneceram uma compreensão mais
497 consistente dos fatores que influenciam a produção de leite, produtividade do
498 rebanho, produtividade da terra e margem líquida. A adoção de sistemas
499 Semiconfinado e Confinado sem Estrutura mostrou potencial para reduzir a
500 produção e a produtividade, em comparação com o CB. A análise comparativa
501 dos sistemas indicou diferenças significativas, destacando a importância do CB
502 para o desempenho técnico e econômico.

503 A análise não se limitou apenas aos aspectos técnicos, mas também
504 incorporou variáveis sociais, como sucessão familiar, nível de escolaridade e
505 mão de obra familiar. A correlação significativa entre sucessão familiar e
506 produtividade do rebanho reforça a importância desses fatores socioeconômicos
507 na atividade leiteira.

508 Os resultados desta pesquisa têm implicações práticas significativas para
509 os produtores de leite em Minas Gerais. A escolha do sistema de produção pode
510 impactar diretamente a eficiência técnica e a viabilidade econômica das
511 fazendas leiteiras. Portanto, é crucial considerar não apenas os aspectos
512 técnicos, mas também os contextos socioeconômicos, ao planejar estratégias de
513 produção.

514 É importante reconhecer as limitações deste estudo, como a dependência
515 de dados do ano de 2018 e a concentração em Minas Gerais. Recomenda-se
516 estender a pesquisa para incluir dados mais recentes e considerar outras regiões
517 brasileiras. Além disso, investigações mais aprofundadas sobre fatores
518 socioeconômicos podem enriquecer a compreensão do panorama leiteiro.

519