

CARACTERIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE LEITE EM DOIS TIPOS DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO

CHARACTERIZATION AND EFFICIENCY OF MILK PRODUCTION IN TWO TYPES OF INTENSIVE PRODUCTION SYSTEMS

Adriano Provezano Gomes¹; Gabriel Teixeira Ervilha²; Tomaz de Paula Melo³

RESUMO

A pecuária leiteira brasileira é um importante objeto de estudo para análises de eficiência e da dinâmica tecnológica, visto a abrangência territorial da produção de leite, o seu papel central na geração de emprego e renda, bem como um padrão produtivo diversificado, existindo diferentes dimensões produtivas, níveis de tecnificação e sistemas de produção. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho técnico e econômico e calcular medidas de eficiência na produção de leite, considerando dois sistemas intensivos de produção: semiconfinado e confinado. Para isso, foi utilizada uma amostra de 27 produtores de leite brasileiros que receberam assistência técnica e gerencial, em 2021. Com base na comparação entre diferentes indicadores de desempenho técnico e econômico e utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA) para calcular as medidas de eficiência, constatou-se que as propriedades rurais mais intensivas em confinamento apresentaram melhores resultados técnicos, econômicos e de eficiência. Apesar da identificação de melhores resultados para o sistema confinado, não foi objeto do estudo identificar o melhor sistema, mas sim compará-los, de forma a identificar as oportunidades tecnológicas e seus possíveis resultados. A escolha de qual sistema de produção utilizar deve levar em consideração diversos fatores, como aptidão regional e, principalmente, a disponibilidade de recursos. Nesse contexto, deve-se garantir a difusão de informações quanto às práticas de financiamento e de seguro em atividades agropecuárias, facilitando a tomada de crédito para melhorias no sistema de produção leiteiro.

Palavras-chave: Pecuária leiteira. Confinamento bovino. Análise envoltória de dados. Programas de assistência técnica.

ABSTRACT

Brazilian dairy farming is an important area of study for analyzing efficiency and technological dynamics, given the territorial scope of milk production, its significant role in generating employment and income, and its diversified production pattern, which includes different production scales, levels of technological development, and production systems. In this context, the objective of this paper was to evaluate the technical and economic performance and to calculate measures of efficiency in milk production, considering two intensive production systems: semi-confined and confined. For this, a sample of Brazilian milk producers who received technical and managerial assistance in 2021 was utilized for this analysis. Based on a comparison of different technical and economic performance indicators and employing Data Envelopment Analysis (DEA) to calculate efficiency measures, it was

¹ Agrônomo, Prof. Dr. na Universidade Federal de Viçosa. E-mail: apgomes@ufv.br

² Cientista Econômico, Dr. na Universidade Federal de Viçosa. E-mail: gabrielte8@yahoo.com.br

³ Zootecnista, Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira/Programa de Capacitação de Especialistas em Pecuária Leiteira da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: tomazpmelo@hotmail.com

found that the most intensive farms in confinement exhibited better technical, economic, and efficiency results. Although better results were identified for the confined system, the aim of the study was not to determine the superior system but to compare them in order to identify technological opportunities and their potential outcomes. The choice of which production system to adopt must consider several factors, such as regional suitability and, primarily, the availability of resources. In this context, it is essential to ensure the dissemination of information regarding financing and insurance practices in agricultural activities, facilitating access to credit for improvements in the dairy production system.

Keywords: Dairy farming. Cattle confinement. Data envelopment analysis. Technical assistance programs.

1 INTRODUÇÃO

O dinamismo dos mercados globais faz com que os processos produtivos sejam cada vez mais eficientes, de forma a garantir os bens e serviços na qualidade, quantidade e preços desejados. Diante disso, a inovação e a tecnologia tornaram-se essenciais para a permanência no mercado, mesmo em setores considerados mais tradicionais, como a pecuária leiteira. Nessa perspectiva, de forma a se manterem operantes na atividade, é fundamental que os produtores rurais busquem permanentemente ferramentas tecnológicas que possibilitem aumentos na produção e na produtividade e, conseqüentemente, maior lucratividade (Pilatti *et al.*, 2018).

As características da pecuária leiteira brasileira fazem com que o setor seja um importante objeto de estudo para análises de eficiência e da dinâmica tecnológica (Perobelli, Araújo Jr.; Castro, 2018; Bassotto *et al.*, 2022). Primeiramente, deve-se destacar a abrangência territorial da produção de leite, bem como seu papel central na geração de emprego e renda. Dotada de produção de 34,61 bilhões de litros de leite, em 2022 (IBGE, 2024), a atividade leiteira no Brasil se distribui por 98% dos municípios brasileiros (Brasil, 2024), empregando quatro milhões de trabalhadores, sendo 1,3 milhão de produtores (Embrapa, 2019). Por outro lado, a produção de leite não apresenta um padrão produtivo, existindo desde propriedades familiares até grandes produtores, com diferentes níveis de tecnificação e produção (Andrade *et al.*, 2023; Brandalise *et al.*, 2024).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2024), em 2022, o Brasil foi responsável por 4,52% da produção mundial de leite, figurando como o quarto maior produtor. Contudo, neste mesmo ano, a produtividade brasileira foi de apenas 7,40 litros diários por vaca, fazendo com que o país ocupasse somente a 82ª posição no *ranking* mundial (FAO, 2024). Nessa conjuntura produtiva, existem produtores que alcançam índices compatíveis com os melhores indicadores internacionais, enquanto outros produtores apresentam baixos níveis tecnológicos, pequeno volume de produção e indicadores de desempenho técnico e econômico abaixo dos adequados para a manutenção da sustentabilidade produtiva (Embrapa, 2023).

Nesse contexto, observa-se a necessidade de diferentes sistemas produtivos, que devem atender às realidades de cada propriedade rural, dadas as questões regionais, raças, manejo alimentar, entre outras especificidades. Assim, os produtores de leite podem desenvolver e implementar diferentes tecnologias de manejo do gado e da produção leiteira, adotando desde o sistema pastoril, até os diferentes sistemas de criação semiconfinado e em confinamento (Zanin *et al.*, 2015).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho técnico e econômico de produtores rurais segundo dois diferentes sistemas de produção de leite, os

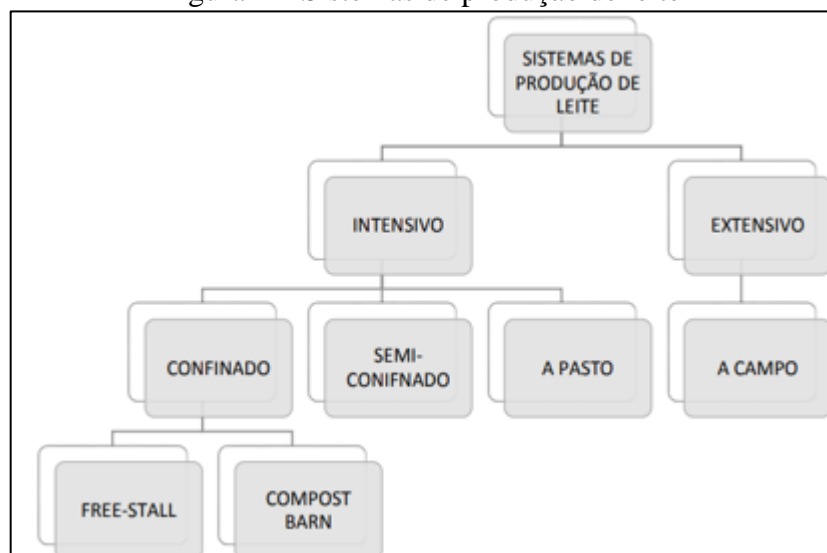
sistemas tecnológicos semiconfinado e confinado. Para isso, foram calculadas medidas de eficiência para um grupo de 27 produtores selecionados que fazem parte do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL), buscando identificar e tipificar aqueles que mais se destacam. Parte-se da hipótese que sistemas de produção mais tecnificados, como o sistema confinado, geram maiores indicadores de eficiência tanto técnica quanto econômica.

Apesar da literatura apresentar pesquisas que buscam comparar os sistemas produtivos leiteiros (Lopes *et al.*, 2004; Lopes; Santos; Carvalho, 2012; Lopes; Santos, 2012; Domenico *et al.*, 2015; Zanin *et al.*, 2015; Tasso, 2017; Dalchiavon *et al.*, 2018; Trindade, 2018; Huppel *et al.*, 2020; Zulpo; Carvalho, 2020; Meinl; Vieira, 2022), este estudo avança ao utilizar propriedades que são assistidas tecnicamente e já possuem indicadores técnicos e econômicos acima da média nacional, o que possibilita comparar estruturas homogêneas quanto à assistência técnica, mas com sistemas produtivos distintos. Ademais, as 27 propriedades estudadas estão localizadas em Minas Gerais, estado com maior produção nacional de leite (27,11% da produção nacional), mais especificamente na Zona da Mata Mineira, nona região geográfica brasileira em produção – respondendo por 2,36% da produção nacional de leite (Embrapa, 2021) – o que torna a questão geográfica também um ponto homogêneo.

Desse modo, o estudo compara os diferentes sistemas produtivos de leite, oportunizando possibilitar a identificação de novas oportunidades produtivas para os pecuaristas, bem como fornecer respaldo para a análise de viabilidade de investimentos em estruturas produtivas de confinamento. Ademais, a pesquisa está organizada em cinco seções, incluindo esta introdução. A seção seguinte apresenta uma breve descrição dos sistemas de produção na pecuária leiteira, ao passo que a terceira seção discorre sobre os procedimentos metodológicos. Por sua vez, a quarta seção apresenta a análise e a discussão dos resultados obtidos e a última seção evidencia as considerações finais da investigação realizada.

2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA PECUÁRIA LEITEIRA

Figura 1 – Sistemas de produção de leite



Fonte: Trindade (2018).

A produção leiteira no Brasil é realizada por diferentes sistemas produtivos, que podem apresentar vantagens e desvantagens dependendo de fatores como manejo nutricional, disponibilidade de alimento, genética dos animais e disponibilidade financeira do produtor

rural (Santos *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2018; Lobato *et al.*, 2018; Defante *et al.*, 2019; Dias; Fischer, 2021; Pinheiro *et al.*, 2021; Matiello *et al.*, 2024). A Figura 1 apresenta os diferentes sistemas de produção de leite com destaque para os sistemas intensivos confinado e semiconfinado que representam o foco do presente estudo.

Segundo Assis *et al.* (2005) e Milanez *et al.* (2018), os sistemas de produção de leite representados podem ser assim definidos:

(i) Sistema extensivo a pasto (campo): consiste no uso de pasto durante todo o ano, geralmente sem a utilização de adubação. Normalmente nesse sistema há baixa capacidade de suporte, baixa produção por vaca e, conseqüentemente, baixa produtividade por área. As instalações são basicamente o curral para manejo e ordenha dos animais.

(ii) Sistema intensivo a pasto (campo): caracteriza-se pela alimentação animal à base de pasto, com gramíneas de alta capacidade de suporte, otimizando o uso da área para a pecuária leiteira e gerando maior potencial produtivo se comparado ao sistema extensivo a pasto. O uso de concentrado varia de acordo com o nível de produção do rebanho e as instalações são simples, com sala de ordenha e resfriamento de leite.

(iii) Sistema semiconfinado: sistema no qual os animais permanecem presos por mais de seis horas por dia, mas são soltos por um período com acesso à pastagem. Caracteriza-se pelo uso de suplementação com concentrado e mineral e com parte da necessidade de volumoso fornecido no cocho. Há variação entre tempo de cocho e pasto de acordo com os períodos de seca e chuva.

(iv) Sistema de confinamento: sistema no qual os animais permanecem presos durante todo o dia, em algum tipo de instalação, recebendo toda a alimentação no cocho. As instalações são compostas de salas de ordenha e resfriamento de leite, podendo ou não ter galpões para instalação dos animais. O sistema de confinamento pode ser dividido em três subsistemas, quais sejam: (a) Confinamento em estrutura simples: não possui estrutura para confinamento dos animais; (b) Confinamento em *free-stall*: confinamento dos animais em um galpão que possui camas individuais para os animais e corredores livres para acessar cochos e bebedouros, cujo intuito consiste em economizar a energia dos animais, reduzindo a locomoção destes para que possam aumentar sua produção, e; (c) Confinamento em *compost barn*: confinamento dos animais em um galpão com piso coberto por cama sobreposta de serragem ou outra fonte de carbono que junto a excreta das vacas gerará um composto vivo, cuja utilização objetiva proporcionar maior conforto para os animais na expectativa de maximizar a produtividade.

Especificamente para os ambientes confinados, as principais vantagens consistem na redução nos problemas físicos dos animais, melhorias na qualidade do leite e no manejo de dejetos (Breitebach, 2018; Muxfeldt, 2020; Oliveira *et al.*, 2024; Santos; Oliveira; Guimarães, 2024). Em contraponto, as desvantagens baseiam-se no alto custo de manutenção e implementação, na necessidade de uma genética de qualidade e no manejo adequado e sistêmico.

Não há um padrão na definição do melhor sistema de produção de leite, sendo que o produtor deve considerar diversos fatores disponíveis, como os recursos físicos, animais, vegetais e econômicos (Breitebach, 2018)⁴. A assistência técnica também é fundamental nessa

⁴ Uma das discussões mais presentes na literatura que analisa os diferentes sistemas de produção de leite é a relação entre sistema de produção e bem-estar animal, com destaque para fatores como estresse térmico e saúde dos animais, que estão diretamente relacionados com a produtividade do sistema. Para mais informações sobre essa relação, sugere-se consultar Daltro *et al.* (2020), Mee e Boyle (2020), Kogima *et al.* (2022), Pouloupoulou *et al.* (2023) e Santos, Oliveira e Guimarães (2024).

escolha, garantindo uma tomada de decisão que gere indicadores técnicos e econômicos que proporcionem a sustentabilidade econômica da propriedade rural⁵.

3 METODOLOGIA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para calcular as medidas de eficiência, foram utilizados dados primários referentes a 27 propriedades leiteiras (12 no sistema confinado e 15 no sistema semiconfinado) que fazem parte do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL). As propriedades analisadas estão localizadas na Zona da Mata Mineira e são todas as unidades produtivas que possuíam os dados/informações necessários disponíveis no ano analisado (2021). A coleta dos dados foi realizada *in loco* pela equipe técnica do PDPL, que presta assistência técnica aos produtores de leite.

O PDPL é um projeto de extensão rural conduzido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), voltado para o treinamento de mão de obra especializada em gado leiteiro e a transferência de tecnologias para produtores de leite. O Programa funciona em regime de parceria público-privada com grandes empresas ligadas ao setor agropecuário brasileiro. A missão do PDPL é oferecer aos acadêmicos oportunidades de convivência com situações reais de trabalho profissional, com treinamento integrado em diversos níveis tecnológicos e operacionais, além da transferência sistemática de tecnologia aos produtores de leite. Desde sua criação, em 1988, mais de 2.300 estudantes já realizaram treinamento no PDPL e mais de 300 produtores foram diretamente beneficiados pela assistência técnica gratuita e de qualidade.

Para calcular as medidas de eficiência foram utilizados um produto e três insumos. Todos os dados referem-se ao ano de 2021. São eles:

a) Produto (*output*)

– Renda bruta da atividade, medida em R\$/ano. A renda bruta é composta pela soma das receitas provenientes da venda e do autoconsumo de leite e de animais. Optou-se por mensurar o produto em termos de valor da produção ao invés da produção física, uma vez que o valor unitário de venda dos produtos difere de modo expressivo. Com isso, a utilização de quantidades físicas pode distorcer a realidade dos sistemas de produção quando o objetivo é compará-los.

b) Insumos (*inputs*)

– Área utilizada pelo rebanho, mensurada em hectares.
 – Número de vacas da propriedade, medido em cabeças.
 – Custo operacional total da atividade leiteira (COT). Trata-se de um indicador mensurado em reais por ano, sendo composto por todas as despesas diretas da produção de leite, ou seja, mede todos os desembolsos realizados pelo produtor ao longo de um ano de atividade, acrescidos do valor da mão de obra familiar e das depreciações de máquinas, benfeitorias, animais de serviço e forrageiras não anuais.

⁵ Apesar de a assistência técnica não ser o principal aspecto analisado no presente estudo, é interessante compreender o histórico e os conceitos relacionados à temática de assistência técnica e extensão rural. Dessa forma, sugere-se consultar Peixoto (2008), Castro e Pereira (2017), Ervilha e Gomes (2017), Ipea (2017), Peixoto (2020), Diesel *et al.* (2021) e Laluce e Marino Filho (2023).

3.2. OBTENÇÃO DAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA: ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a técnica da análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma abordagem não paramétrica, envolvendo programação matemática para a análise da eficiência relativa de unidades produtoras, conhecidas como DMUs (*Decision Making Unit*). Por DMU entende-se qualquer sistema que transforme insumos em produtos, representados na presente pesquisa pelos produtores de leite.

A base para as estimativas de modelos DEA é relativa a problemas de programação linear. Diferentemente dos métodos econométricos, que analisam uma unidade produtora em relação a uma unidade produtora média, o objetivo da DEA é construir um conjunto de referência convexo a partir dos próprios dados das DMUs, e então classificá-los em eficientes ou ineficientes, tendo como referencial essa superfície formada. Assim, a análise envoltória de dados visa encontrar a melhor unidade produtora, ou seja, aquela que combina os recursos de maneira mais eficiente de modo que atinja o nível ótimo de produção (Ótimo de Pareto). Esta análise pressupõe que, se uma dada propriedade produtora de leite puder produzir α unidades do produto, outras propriedades também poderão, caso passem a operar eficientemente.

A pressuposição inicial da abordagem é que a medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMUs. Entretanto, existe certa dificuldade em obter um conjunto comum de pesos para determinar a eficiência relativa de cada DMU, pois estas podem estabelecer valores para os insumos e produtos de maneiras diferentes e então adotarem pesos distintos. Logo, é necessário estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos que for mais favorável, em termos comparativos com as outras unidades. Para selecionar os pesos ótimos, especifica-se um problema de programação matemática para a i -ésima DMU, que após linearizado, aplicada a dualidade em programação linear e pressupondo retornos constantes à escala, é dado por:

$$\begin{aligned}
 &MAX_{\varphi, \lambda} \varphi, \\
 &sujeito a: \\
 &\quad -\varphi y_i + Y\lambda - S^+ = 0 \\
 &\quad x_i - X\lambda - S^- = 0 \\
 &\quad \lambda \geq 0 \\
 &\quad S^+ \geq 0 \\
 &\quad S^- \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

Salienta-se que $1 \leq \varphi < \infty$ corresponde ao aumento proporcional no produto considerado, mantendo-se constante a utilização dos insumos em questão; y_i é um vetor ($m \times 1$) de quantidades de produtos da DMU que está sendo analisada; x_i é um vetor ($k \times 1$) de quantidades de insumo da DMU analisada; Y é uma matriz ($n \times m$) de produtos das n DMUs; X é uma matriz ($n \times k$) de insumos das n DMUs; S^+ representa um vetor de folgas nos produtos; e S^- figura como um vetor de folgas nos insumos. O parâmetro λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de λ serão zero, enquanto para uma DMU ineficiente os valores serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes, que influenciam a projeção da ineficiente sobre a fronteira calculada. Para obter a medida de eficiência basta considerar o inverso φ , ou seja, $1/\varphi$.

Caso todas as DMUs estejam operando em escala ótima, a hipótese de retornos constantes à escala é apropriada. Contudo, o modelo de retornos variáveis (BCC), proposto

por Banker, Charnes e Cooper em 1984, sugere uma nova metodologia de fronteira de eficiência que admite retornos variáveis de escala – ou seja, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pela máxima da convexidade. Estabelecendo a convexidade da fronteira, permite-se que DMUs que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala. Dessa forma, o problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis, adicionando-se a restrição de convexidade, $N_j'\lambda=1$, em que N_j é um vetor ($n \times 1$) de algarismos unitários.

O modelo escolhido para esse estudo consistiu no de retornos variáveis à escala, uma vez que este permite a separação dos resultados em relação a pura eficiência técnica e a eficiência de escala. Além disso, foi utilizada a orientação ao produto, em que as propriedades da atividade leiteira buscam maximizar o produto, mantendo os insumos constantes. Ademais, existem múltiplos outros modelos e pressuposições que podem ser incorporados na formulação dos problemas de programação utilizados pela DEA, cujas descrições detalhadas podem ser consultadas em Coelli *et al.* (2007), Cooper, Seiford e Zhu (2011) e Ferreira e Gomes (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DESCRIÇÃO DA AMOSTRA DE PRODUTORES DE LEITE

A amostra analisada foi composta por 44 respondentes, sendo que destes, 25 são do gênero feminino (56,8%) e 19 do masculino (42,2%). Em relação à faixa etária, constatou-se a predominância de indivíduos de 40 a 49 anos, conforme se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos produtores assistidos pelo PDPL segundo os recursos disponíveis e o volume de produção

Variáveis	Sistema de produção		PDPL (Semi + Confinado)
	Semi	Confinado	
Características técnico-econômicas			
Vacas em lactação (n.º cabeças)	43,40	109,51	72,78
Total de vacas (n.º cabeças)	52,06	128,63	86,09
Mão de obra (n.º pessoas)	3,25	5,41	4,21
Área para o gado (ha)	48,46	86,25	65,25
Capital investido (R\$)			
Capital em benfeitorias (%)	14,95	19,29	16,88
Capital em máquinas (%)	9,60	12,84	11,04
Capital em animais (%)	29,47	36,42	32,56
Capital em terra (%)	45,97	31,44	39,52
Característica produtiva			
Produção de leite (l/dia)	682,30	2.406,09	1.448,43

Fonte: Resultados da pesquisa.

A produção média das propriedades atendidas pelo PDPL, em 2021, foi de aproximadamente 1.450 litros/dia, com um plantel em torno de 86 vacas (cerca de 73 em lactação) e uso de 65 hectares de terra para a produção de leite. Além disso, foram utilizados cerca de quatro trabalhadores por propriedade e empatados em torno de R\$ 2,6 milhões na atividade leiteira.

Analisando o uso dos recursos nos dois sistemas percebe-se que os valores médios são substancialmente maiores no sistema confinado. Com exceção de mão de obra e terra, os

sistemas confinados utilizam mais que o dobro dos outros recursos. Mesmo os fatores terra e trabalho também são maiores, embora em magnitudes inferiores aos demais. Certamente, é de se esperar que a produção de leite também seja substancialmente maior, cerca de 3,5 vezes superior.

Vale destacar que esses valores são significativamente superiores às médias regional, estadual e nacional. Isto é, um produtor típico do PDPL não representa a realidade da maioria dos produtores nacionais. Segundo dados do último Censo Agropecuário (IBGE, 2017), em 2017 foram produzidos cerca de 30,16 bilhões de litros de leite em 1.176.295 estabelecimentos agropecuários, o que representa uma média de 70,24 litros diários por propriedade. Em Minas Gerais, a produção diária foi superior à média nacional, em torno de 110,70 litros por propriedade.

Logo, significa que a produção média da amostra de produtores do PDPL é cerca de 13 vezes a média do estado e 20 vezes a média nacional. Nesse sentido, não se pretende no presente estudo analisar os sistemas de produção típicos do Brasil, mas sim utilizar uma amostra de produtores que recebe assistência técnica intensiva e contínua, produzindo substancialmente mais leite que um produtor médio. Além disso, os produtores da amostra se concentram em apenas dois tipos de sistemas de produção – semiconfinado e confinado – que não representam os comumente utilizados pelos produtores brasileiros.

Ou seja, tratam-se dos sistemas de produção em que se encontram os maiores volumes de produção nacional, mas não a maior quantidade de produtores. De fato, o levantamento da MilkPoint (2022) identificou que, no ano de 2022, entre os 100 maiores produtores nacionais de leite, 48% utilizam o *free-stall*, 29% o *compost barn* e 13% utilizam mais de um tipo de alojamento, demonstrando a relação existente entre sistemas com maior grau de confinamento e volume de produção de leite.

É de se esperar que os sistemas de produção semiconfinados e confinados sejam mais exigentes em investimentos de capital. Essa exigência, contudo, difere quando se analisam as composições desses investimentos, conforme dados apresentados na Tabela 1. Pelo próprio formato de como ocorre a produção, na medida em que os sistemas se tornam mais intensivos, com maior grau de confinamento, há proporcionalmente menor exigência de investimentos em terras. Porém, existe a necessidade de intensificação de máquinas e benfeitorias, além de animais de melhor qualidade e aptidão para a produção de leite.

4.2. INDICADORES DE DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO

Para comparar os grupos de produtores assistidos pelo PDPL segundo o sistema de produção, foram utilizados indicadores de desempenhos técnico e econômico. Os indicadores técnicos referem-se às produtividades parciais dos fatores, enquanto os indicadores econômicos estão relacionados aos custos e margens da atividade leiteira. Na Tabela 2 encontram-se os valores médios das produtividades parciais dos recursos utilizados na produção de leite.

Tabela 2 – Produtividades parciais dos recursos utilizados na atividade leiteira de produtores assistidos pelo PDPL

Variáveis	Sistema de produção		PDPL (Semi + Confinado)
	Semi	Confinado	
Produtividades parciais			
Vacas em lactação (l/cabeça/dia)	16,81	22,08	19,15
Terra (l/ha/ano)	7.894,80	14.435,39	10.801,73
Mão de obra (l/homem/dia)	199,52	402,65	289,80
Capital investido (l/R\$/ano)	0,18	0,25	0,21

Fonte: Resultados da pesquisa.

Apesar de utilizarem substancialmente mais recursos, a produção média do sistema confinado é relativamente maior, o que garante maiores índices de produtividades parciais, assim como os achados de Lopes *et al.* (2004). Evidenciam-se destaques para as produtividades da terra e, principalmente, da mão de obra. Outro ponto de destaque são as produtividades médias dos animais em lactação. Tanto para o grupo semiconfinado (16,8 litros/cabeça/dia) quanto para o confinado (22,1 litros/cabeça/dia), as produtividades registradas de suas vacas são substancialmente maiores do que as médias regionais. Para se ter uma ideia, a produtividade média do rebanho nacional está em torno de 7,40 litros diários por vaca ordenhada (FAO, 2024).

A produtividade da terra é um indicador de suma importância na produção agropecuária e, em especial, na produção de leite. Isso porque a produção leiteira compete por áreas com outras atividades, conforme pode ser observado nas incursões realizadas pela equipe técnica do PDPL. Isso significa que, quanto maior a produtividade da terra, maior é o custo de oportunidade deste recurso. Em outras palavras, uma atividade que gera um retorno maior por unidade de área utilizada tende a ser mais atrativa em comparação com outras atividades. Essa ideia está na base da tomada de decisão pelo investimento em pecuária dotada de maior tecnificação, que utiliza proporcionalmente menos terra e mais capital.

Tal raciocínio pode ser exemplificado considerando-se a rentabilidade de um hectare de terra utilizado na atividade leiteira. Para o grupo de produtores analisados, o preço médio do litro de leite vendido em 2021 foi de R\$ 2,32. Assim, a renda média por hectare de terra auferida pelo grupo semiconfinado está em torno de R\$ 18,5 mil/hectare/ano, enquanto no sistema confinado supera os R\$ 30 mil/hectare/ano. Conforme mencionado, a tomada de decisão de intensificar ou não o sistema de confinamento necessariamente passa pelo ganho possível em termos de produtividade da terra.

A escassez de mão de obra qualificada tem imposto dificuldades à produção de leite. Nesse sentido, a utilização de sistemas de produção mais tecnificados pode aliviar a necessidade quantitativa de mão de obra, mas, por outro lado, exige maior qualificação dos trabalhadores. A recomendação para sistemas de produção com maior grau de confinamento é de que a produtividade da mão de obra seja em torno de 500 litros diários por trabalhador empregado (Sebrae, 2023). Isso significa que para produzir mil litros diários seriam necessários somente dois trabalhadores.

Certamente a obtenção de produtividades nesse patamar representa um expressivo desafio para a pecuária leiteira brasileira no futuro. Atualmente, mesmo em fazendas com sistema confinado, é difícil obter esse nível de produtividade. Isso significa que ainda há espaço para melhorar os sistemas de produção de leite no Brasil, visando adaptá-los à disponibilidade de recursos.

Não obstante, os indicadores de desempenho econômico apresentados na Tabela 3 identificam relações entre receita e custo de produção. Antes de analisá-los, são apresentadas suas definições, visando facilitar o entendimento, conforme Gomes *et al.* (2018) e Gomes, Ervilha e Shinyashiki (2020).

A renda bruta do produtor de leite é composta, além da venda e do autoconsumo de leite e derivados lácteos, da comercialização e do autoconsumo de animais e da variação do inventário animal de um ano para o outro. A variação do inventário animal, por sua vez, pode ocorrer devido a diferenças entre o valor dos animais no início e no final do período analisado, adicionando-se o valor das compras de animais ao longo do período.

O custo operacional efetivo (COE) refere-se aos gastos diretos, tais como mão de obra contratada, concentrados, minerais, fertilizantes, sementes, medicamentos, energia e combustível, inseminação artificial, serviços mecânicos e outros dessa natureza. São gastos de custeio da atividade leiteira. O custo operacional total (COT) é composto pelo custo

operacional efetivo mais os valores correspondentes à mão de obra familiar (custo de oportunidade) e à depreciação de máquinas, benfeitorias, animais de serviço e forrageiras não anuais. Para se obter o custo total (CT) basta acrescentar ao custo operacional total a remuneração sobre o capital investido.

Tabela 3 – Indicadores de desempenho econômico na atividade leiteira de produtores assistidos pelo PDPL

Variáveis	Sistema de produção		PDPL
	Semi	Confinado	(Semi + Confinado)
Renda bruta (R\$/ano)	633.893	2.209.818	1.334.304
Custo operacional efetivo (R\$/ano)	447.502	1.519.746	924.055
Custo operacional total (R\$/ano)	509.249	1.692.443	1.035.113
Custo total (R\$/ano)	556.740	1.849.045	1.131.098
Margem bruta (R\$/ano)	186.392	690.071	410.249
Margem líquida (R\$/ano)	124.644	517.375	299.191
Lucro (R\$/ano)	77.153	360.773	203.206
Taxa de retorno do capital ¹ (% ao ano)	20,10	23,05	21,58
Taxa de retorno do capital ² (% ao ano)	10,56	15,65	13,10

¹ Taxa de remuneração do capital investido sem considerar a terra.

² Taxa de remuneração do capital investido considerando a terra.

Fonte: Resultados da pesquisa.

A margem bruta refere-se à diferença entre a renda bruta e o custo operacional efetivo, fornecendo uma ideia do fluxo de caixa da empresa. Ou seja, é expresso pela receita menos despesa. Já a margem líquida é igual à renda bruta subtraído o custo operacional total. A margem líquida corresponde a um “resíduo” utilizado para remunerar o capital investido na atividade. Por sua vez, o lucro engloba a diferença entre a renda bruta e o custo total.

A taxa de retorno sobre o capital investido, expressa em porcentagem ao ano, é calculada pela razão entre a margem líquida e o capital investido. Esse indicador fornece a ideia de como o capital investido está sendo remunerado. Em razão da dificuldade de mensurar o verdadeiro custo de oportunidade da terra, optou-se por calcular a taxa de retorno sobre o capital investido de duas formas: sem considerar o capital investido em terras e considerando este capital.

De modo geral, tanto a renda bruta quanto os custos são significativamente maiores para os produtores com sistema de produção do tipo confinamento. Esses resultados refletem a magnitude da produção do referido grupo de produtores, relativamente aos adotantes do sistema semiconfinado. Ou seja, para se produzir mais e obter mais renda é preciso maior dispêndio financeiro. Entretanto, o que interessa ao produtor é a diferença entre receita e custos. Nesse caso, o que se percebe são margens maiores para o grupo de produtores do sistema confinado. Depois de pagar todas as despesas de custeio ainda sobram para esses produtores, em média, cerca de R\$ 690 mil, enquanto para os produtores no sistema semiconfinado a margem bruta média é de R\$ 186 mil – sendo quase quatro vezes menor.

Quando se comparam as margens líquidas médias, a diferença entre os dois grupos de produtores aumenta. Mesmo considerando a maior quantidade de capital investido pelos produtores do sistema confinado, quando se descontam as depreciações e o custo de oportunidade da mão de obra familiar, ainda assim a margem líquida desse grupo de produtores cresce relativamente aos demais. O mesmo raciocínio pode ser feito com o lucro, ou seja, a diferença entre o obtido no grupo dos produtores com sistema confinado volta a crescer sobre o grupo semiconfinado.

Em outras palavras, a renda bruta média é, conforme esperado, substancialmente maior no grupo dos produtores com sistema confinado. Além disso, na medida em que se

incorporam itens ao cálculo do custo de produção, a tendência é de que as margens e o lucro se tornem maiores, conforme aumenta o grau de confinamento dos animais. Por fim, a análise da taxa de retorno do capital investido permite maior profundidade na análise financeira dos sistemas de produção. Isso porque uma maior taxa de retorno do capital indica que a atividade é mais atrativa para o empresário, devendo ser comparada com alternativas de investimento de mercado.

É de se esperar que elevadas taxas de retorno sirvam como estímulo para o produtor, no sentido de tornar seu investimento cada vez mais rentável. Nesse sentido, nota-se que, em média, o capital investido em sistemas confinados traz proporcionalmente mais retorno, embora exija um volume de investimento superior. Este talvez seja o ponto central da pesquisa, visto que demonstra que os maiores investimentos em sistemas de produção de leite do tipo confinamento podem gerar taxas de retorno também maiores. Isto é, gasta-se mais, porém fatura-se proporcionalmente mais.

4.3. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE

Esta subseção busca avançar na questão envolvendo os sistemas de produção semiconfinado e confinado e a eficiência na produção de leite. Como já discutido, os produtores que utilizam o sistema de produção confinado apresentaram maior volume médio de leite produzido, bem como maiores produtividades parciais dos fatores e indicadores de desempenho econômico. Neste ponto, busca-se verificar se os produtores do PDPL que produzem leite no sistema em confinamento são mais eficientes em comparação com os produtores com sistema semiconfinado.

Conforme já mencionado, pode-se analisar a eficiência de uma unidade produtiva utilizando três indicadores básicos, quais sejam: eficiência pura, eficiência de escala e eficiência global. Para obter essas medidas isoladamente, inicialmente utilizou-se o modelo pressupondo-se retornos constantes à escala. Em seguida, a pressuposição de retornos constantes foi retirada, adicionando-se uma restrição de convexidade, a qual possibilitou a obtenção das medidas de eficiência no paradigma de retornos variáveis. Com essas duas medidas foi possível calcular a eficiência de escala de cada produtor. Os dados apresentados na Tabela 4 sintetizam os resultados obtidos.

Tabela 4 – Valores médios das medidas de eficiência dos grupos de produtores

Especificação	Sistema de produção		PDPL
	Semi	Confinado	(Semi + Confinado)
Eficiência técnica global (retornos constantes)	0,8055	0,9153	0,8543
Pura eficiência técnica (retornos variáveis)	0,8739	0,9358	0,9014
Eficiência de escala	0,9279	0,9764	0,9494

Fonte: Resultados da pesquisa.

A eficiência média, considerando retornos constantes, no uso dos insumos das 27 propriedades assistidas pelo PDPL foi de 85,43%, sendo de 80,55% para o grupo semiconfinado e 91,53% para o confinado. Esse resultado demonstra que, apesar de eficiências consideradas altas, as propriedades leiteiras analisadas apresentam potencial para gerar maior quantidade de produto em relação ao que está sendo produzido. Em média, pode-se trabalhar com a possibilidade de aumentar a renda bruta das fazendas em até 17,05% (ou 1/0,8543), sem a necessidade de incorporação de novos insumos.

Quando se fala em ganhos potenciais de eficiência é preciso separar os possíveis ganhos que podem ser obtidos pela correção de desperdícios daqueles decorrentes da escala incorreta de produção. Para eliminar o efeito “escala incorreta” da eficiência técnica total, é

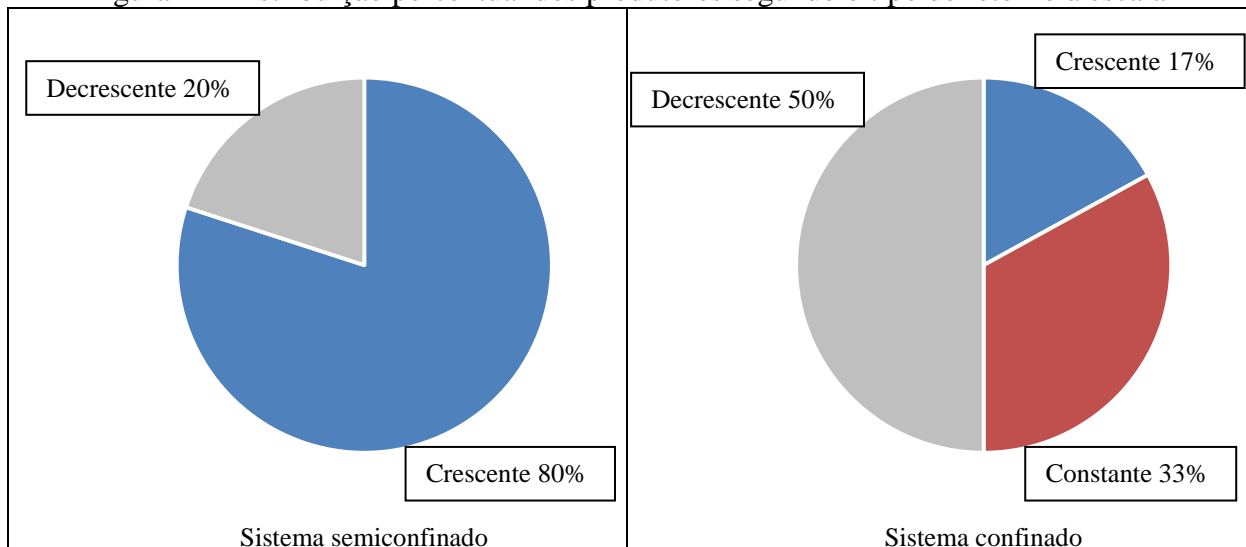
necessário considerar as medidas de eficiência pressupondo-se retornos variáveis. A medida de eficiência nesse tipo de modelo é conhecida como “pura eficiência técnica”, uma vez que só considera o uso inadequado de insumos – isto é, não leva em consideração a escala incorreta de operação. Considerando a média de todos os produtores do PDPL, os possíveis ganhos decorrentes da eliminação da pura ineficiência são da ordem de 10,94% (ou 1/0,9014) na expansão da renda bruta, sem necessidade de incorporação de insumos adicionais.

Observando os resultados, percebe-se que todas as médias dos indicadores de eficiência são superiores quando consideradas as propriedades com sistema de produção confinado, sendo que praticamente não existem problemas de escala incorreta de operação neste grupo de produtores. Esse resultado reforça a discussão anterior, indicando que as propriedades que utilizam o sistema de confinamento alocam mais eficientemente os insumos, proporcionando maior produto (renda). Uma renda maior possibilita novos investimentos no sistema de produção, gerando um ciclo virtuoso para a propriedade que utiliza o confinamento intensivo, principalmente pela existência do processo contínuo de assistência técnica.

Os modelos DEA permitem identificar ainda o tipo de retorno à escala com que cada produtor da amostra está operando. Embora os problemas de escala incorreta sejam menos importantes do que aqueles relacionados à pura ineficiência técnica, conhecer o tipo de retorno à escala é de fundamental importância. Assim, de modo geral, se as eficiências obtidas dos modelos com retornos constantes e variáveis forem iguais, isto é, a razão entre elas for igual a um, o produtor opera na escala ótima. Caso contrário, se for menor que um, será tecnicamente ineficiente, pois não opera na escala ótima.

Considera-se escala ótima a operação com retornos constantes à escala. O fato de um produtor operar fora da escala ótima implica em dizer que o aumento da produção se dará a custos médios decrescentes (no caso de retornos crescentes) ou crescentes (no caso de retornos decrescentes). A Figura 1 mostra as distribuições dos produtores com sistemas produtivos distintos, semiconfinado e confinado, segundo o tipo de retorno à escala.

Figura 1 – Distribuição percentual dos produtores segundo o tipo de retorno à escala



Fonte: Resultados da pesquisa.

As distribuições dos produtores segundo o tipo de retorno à escala reforçam os resultados já apresentados. A redução do número de produtores operando com retornos crescentes nas propriedades com sistema confinado, a presença de um terço dessas propriedades com eficiência de escala e o aumento da proporção de retornos decrescentes com

o uso do confinamento refletem a relação direta entre volume de produção e a intensidade de confinamento na pecuária de leite. Dessa forma, constata-se que a implementação de sistemas mais produtivos, como o confinado, aliado aos investimentos necessários e à assistência técnica de qualidade, tendem a gerar um volume de produção maior. Ou seja, tais propriedades passam a produzir com retornos constantes ou decrescentes.

O fato de a metade das propriedades operar com retornos decrescentes também sinaliza que alguns sistemas de produção podem estar em situações limitantes. Geralmente tais limites são impostos pela própria indisponibilidade de recursos, principalmente terra. O fato de operar com retornos decrescentes, embora de forma eficiente, deve ser avaliado com cuidado, uma vez que novas expansões na produção dessas propriedades deverão ocorrer a custos médios crescentes. Nesses casos, é necessária a revisão periódica dos objetivos e metas traçados para o produtor, papel também executado pela assessoria técnica e gerencial prestada pelo PDPL.

Em síntese, os resultados encontrados permitiram identificar e quantificar importantes relações entre os sistemas intensivos de produção na pecuária leiteira, a eficiência e os diferentes indicadores econômicos e de produtividade. Dessa forma, deve-se sempre considerar a promoção de novos investimentos em sistemas de produção e manejo em confinamento, com a devida assistência técnica, para a busca de maior rentabilidade na atividade leiteira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do artigo foi avaliar o desempenho técnico e econômico, bem como calcular medidas de eficiência na produção de leite. Para isso, foi utilizada uma amostra de 27 produtores de leite que recebem assistência técnica e gerencial do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL). Os produtores analisados foram separados em dois sistemas de produção de leite, quais sejam: semiconfinado e confinado. Ambos os sistemas são considerados intensivos e mais tecnificados, relativamente aos tradicionais sistemas de produção extensivos e a pasto. São produtores que recebem assistência técnica e gerencial de forma intensiva, figurando como produtores diferenciados e com sistemas de produção distintos, o que possibilita a comparação e a reflexão dos resultados.

Verificou-se que a produção e o uso de fatores são substancialmente maiores nos sistemas de confinamento mais intensivo. Contudo, a produção é relativamente maior, o que garante índices superiores de produtividades parciais dos fatores. Um ponto de destaque é a magnitude e a composição do capital investido nos dois sistemas. Enquanto nos semiconfinados a maior parte do capital é investida em terras, no confinamento existe a necessidade de animais mais produtivos, com padrão genético melhor e, por consequência, mais caros. Além disso, há maior necessidade de investimentos em máquinas e benfeitorias.

Embora tais características sejam largamente conhecidas, chamou a atenção a diferença entre os resultados técnicos e, principalmente, econômicos, alcançados pelos grupos de produtores. Mesmo havendo necessidade de maiores investimentos, os produtores com sistema confinado conseguem indicadores substancialmente melhores, o que pode estar justificando a magnitude do investimento necessário. Evoluindo nas comparações entre os grupos de produtores, as medidas de eficiência tanto técnicas quanto de escala foram maiores para os produtores no sistema confinado. Essa constatação reforça a questão da melhor relação entre uso de insumos e produção nesse sistema.

Vale ressaltar ainda que não foi objeto do estudo identificar o melhor sistema, mas sim comparar os indicadores de eficiência e de desempenho técnico e econômico. A escolha de qual sistema de produção utilizar deve levar em consideração diversos fatores, como

disponibilidade de recursos e aptidão regional. Dentre a disponibilidade de recursos está a existência de capital necessário para migrar de um sistema para outro. Certamente que sistemas mais intensivos – com maior grau de confinamento – exigem maior volume de capital. O ponto chave é se o maior investimento será mais do que compensado em termos de rentabilidade, elevando a produção a um patamar superior, tanto em termos de retorno financeiro quanto em relação a maximização do custo de oportunidade daquela produção.

É preciso destacar ainda que parece haver disparidades nas informações entre os diversos tipos de produtores de leite. Enquanto alguns produtores conhecem as práticas de financiamento e de seguro em atividades agropecuárias (e as utilizam), a maioria tende a ser avessa ao risco, impedindo a tomada de crédito para a promoção de melhorias no sistema de produção. Esse tipo de análise é uma importante proposição para pesquisas futuras.

Outro ponto que também dificulta é a falta de informação dos próprios técnicos que prestam assistência às propriedades. São raras as exceções de técnicos que conseguem discutir com os produtores sobre estratégias de melhoria nos sistemas de produção. Planejamento estratégico, simulações de financiamento e linhas de crédito são assuntos que normalmente nem produtores e nem técnicos dominam e que deveriam ser difundidas e pesquisadas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. G.; OLIVEIRA, S. J. M.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P.; CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T. Evolução recente da produção e da produtividade leiteira no Brasil. **Revista Foco**, v. 16, n. 5, e1888, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n5-075
- ASSIS, A. G.; STOCK, L. A.; CAMPOS, O. F.; GOMES, A. T.; ZOCCAL, R.; SILVA, M. T. Sistemas de produção de leite no Brasil. **Circular Técnica**, n. 85. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. DOI: 10.1287/mnsc.30.9.1078
- BRANDALISE, N.; BATISTA, P. S.; MACHADO, F. S.; HUTHER, C. M.; CONRADO, L. F. Análise sobre desafios e tendências futuras na produção de leite no Brasil. **Revista do LabDGE - UFF**, v. 1, n. 2, p. 1-18, 2024. DOI: 10.22409/2675-4924.62380
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do Leite: Políticas Públicas e Privadas para o Leite**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/portal-do-leite/mapa-do-leite/>>. Acesso em: 29 set. 2024.
- BREITENBACH, R. Economic Viability of Semi-Confined and Confined Milk Production Systems in Free-Stall and Compost Barn. **Food and Nutrition Sciences**, v. 9, n. 5, p. 609-618. DOI: 10.4236/fns.2018.95046
- CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Agricultura familiar, assistência técnica e extensão rural e a política nacional de Ater. **Texto para Discussão**, n. 2343, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Ipea, 2017.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8

COELLI, T. J., RAO, D. S. P., O'DONNELL, C. J., BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2 ed. New York: Springer, 2007. 349 p.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Handbook on Data Envelopment Analysis. In: **International Series in Operations Research & Management Science**. Cham: Springer, 2011. 524 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-6151-8

DALCHIAVON, A.; HEBERLE, E. L.; FANK, D. R. B.; ZANIN, A.; WERNKE, R. Análise comparativa de custos e produtividade de leite em diferentes sistemas de produção. **Custos e Agronegócio Online**, v. 14, n. 3, p. 147-168, 2018.

DALTRO, A. M.; BETTENCOURT, A. F.; XIMENES, C. A. K.; DALTRO, D. S.; PINHO, A. P. S. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020. DOI: 10.36812/pag.2020261288-311

DEFANTE, L.; DAMASCENO, J. C.; BÁNKUTI, F. I.; RAMOS, C. E. C. O. Typology of dairy production systems that meet Brazilian standards for milk quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, e20180023, 2019. DOI: 10.1590/rbz4820180023

DIAS, A. P.; FISCHER, V. Use of quali-quantitative feeding practices criteria in typology of smallholders' dairy production systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, e20200283, 2021. DOI: 10.37496/rbz5020200283

DIESEL, V.; NEUMANN, P. S.; DIAS, M. M.; FROEHLICH, J. M. Política de Assistência Técnica e Extensão Rural no Brasil: um caso de desmantelamento? **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 29, n. 3, p. 597-634, 2021. DOI: 10.36920/esa-v29n3-5

DOMENICO, D. D.; MAZZIONI, S.; KRUGER, S. D.; BÖCK, J. G. Comparativo dos custos de manejo da produção leiteira: sistema de pastoreio e sistema free stall. In: XXII Congresso Brasileiro de Custos, Foz do Iguaçu-PR, novembro de 2015. **Anais**. São Leopoldo: ABC, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2019**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2021**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2023**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023.

ERVILHA, G. T.; GOMES, A. P. Efficiency and selection of benchmarks in milk production in Minas Gerais – Brazil. **Rivista di Economia Agraria**, v. LXXII, n. 2, p. 107-134, 2017. DOI: 10.13128/REA-22657

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: Teoria, modelos e aplicações**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2020. 392 p.

GOMES, A. P.; ERVILHA, G. T.; FREITAS, L. F.; NASCIF, C. Assistência técnica, eficiência e rentabilidade na produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 79-94, 2018.

GOMES, A. P.; ERVILHA, G. T.; SHINYASHIKI, R. B. Assistência técnica e o Programa Mais Leite Saudável: uma análise de eficiência e rentabilidade. In: 58º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Foz do Iguaçu-PR, outubro de 2020. **Anais**. Brasília: SOBER, 2020.

HUPPES, C. M.; BIGOLIN, T.; MUHL, J. J.; SOUZA, Â. R. L. Análise Custo-Volume-Lucro para Ponderação de Sistemas de Produção Leiteira. In: XXVII Congresso Brasileiro de Custos, *online*, novembro de 2020. **Anais**. São Leopoldo: ABC, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2017**. 2017. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 02 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agropecuária**. 2022. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>. Acesso em: 06 set. 2024.

KOGIMA, P. A.; DIESEL, T. A.; VIEIRA, F. M. C.; SCHOGOS, A. L. B.; VOLPINI, A. A.; VELOSO, G. J.; FERRAZ, P. F. P.; ZOTTI, M. L. A. N. The Welfare of Dairy Cows in Pasture, Free Stall, and Compost Barn Management Systems in a Brazilian Subtropical Region. **Animals**, v. 12, n. 17, 2215, 2022. DOI: 10.3390/ani12172215

LALUCE, C. R. H.; MARINO FILHO, A. A teoria histórico cultural de aprendizagem como proposta para o processo de Assistência Técnica e Extensão Rural no Brasil. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 2, p. 70-82, 2023. DOI: 10.36560/16220231736

LOBATO, A. N.; MOURA, B. V. M.; RENNÓ, L. N.; GOMES, A. P.; MARCONDES, M. I. Relação entre indicadores reprodutivos e econômicos em propriedades leiteiras. **Nutritime**, v. 15, n. 5, p. 8293-8303, 2018.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1177-1189, 2004. DOI: 10.1590/S1413-70542004000500028

LOPES, M. A.; SANTOS, G.; CARVALHO, F. M. Comparativo de indicadores econômicos da atividade leiteira de sistemas intensivos de produção de leite no Estado de Minas Gerais. **Ceres**, v. 59, n. 4, p. 458-465, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000400005

LOPES, M. A.; SANTOS, G. Comparativo econômico entre propriedades leiteiras em sistema intensivo de produção: um estudo multicaseos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 591-603, 2012.

MATIELLO, J. P.; GUADAGNIN, A. R.; VIZZOTTO, E. F.; STIVANIN, S. C. B.; HEISLER, G.; BETTENCOURT, A. F.; CAMPOS, M. M.; TOMICH, T. R.; MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; FISCHER, V. Intake, digestibility, energy and nitrogen utilisation, and enteric methane emission in Holstein and Girolando-F1 cows during the transition period. **Archives of Animal Nutrition**, v. 78, n. 1, p. 16-29, 2024. DOI: 10.1080/1745039X.2023.2292424

MEE, J. F.; BOYLE, L. A. Assessing whether dairy cow welfare is “better” in pasture-based than in confinement-based management systems. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 68, n. 3, p. 168-177, 2020. DOI: 10.1080/00480169.2020.1721034

MEINL, A. M.; VIEIRA, E. P. O impacto do uso da tecnologia no desempenho da produção leiteira: manejo tradicional, *compost barn* e *free stall*. **Revista Ambiente Contábil**, v. 14, n. 1, p. 152-173, 2022. DOI: 10.21680/2176-9036.2022v14n1ID23955

MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; MARTINS, P. C.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, S. J. M.; NASCIF, C.; FREITAS, V. M. F. Desafios para a exportação brasileira de leite. **BNDES Setorial**, v. 24, n. 48, p. 45-114, 2018.

MILKPOINT. **Levantamento Top 100 2022 - Os 100 maiores produtores de leite do Brasil**. Disponível em <https://www.milkpoint.com.br/top100/2022/>. Acesso em 07 abr. 2022.

MUXFELDT, L. **Qualidade do leite e da cama em sistema Compost Barn**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon: Unioeste, 2020.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. F. F.; SOUSA, F. C.; BAÊTA, F. C.; VIEIRA, F. M. C.; BARBARI, M. Health and Thermal Comfort of Dairy Cattle in Compost-Bedded Pack Barns and Other Types of Housing: A Comparative Systematic Review. **AgriEngineering**, v. 6, n. 2, p. 1395-1416, 2024. DOI: 10.3390/agriengineering6020080

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Food and Agriculture Data – FAOSTAT**. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/>>. Acesso em 05 set. 2024.

PEIXOTO, M. Extensão Rural no Brasil: uma abordagem histórica da legislação. **Texto para Discussão**, n. 48, Senado Federal, Consultoria Legislativa. Brasília: Senado Federal, 2008.

PEIXOTO, M. Assistência técnica e extensão rural: grandes deficiências ainda persistem. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário**, cap. 23. Brasília: Ipea, 2020. DOI: 10.38116/978-65-5635-011-0/cap23

PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO JUNIOR, I. F.; CASTRO, L. S. As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. **Nova Economia**, v. 28, n. 1, p. 297-337, 2018. DOI: 10.1590/0103-6351/4789

- 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. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2019. DOI: 10.1017/S1751731118001088
- PINHEIRO, J. S.; DE VRIES, A.; RODRIGUES, J. P. P.; MARCONDES, M. I. Production costs, economic viability, and risks associated with compost bedded pack, freestall, and drylot systems in dairy farms. **Animal**, v. 15, n. 12, 100404, 2021. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100404
- POULOPOULOU, I.; ZANON, T.; ALRHMOUN, M.; KATZENBERGER, K.; HOLIGHAUS, L.; GAULY, M. Development of a benchmarking tool to assess the welfare of dairy cattle on small-scale farms. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 9, p. 6464-6475, 2023. DOI: 10.3168/jds.2022-22592
- SANTOS, F. F.; OLIVEIRA, R. A. P.; GUIMARÃES, C. R. R. Bem-estar e comportamento animal em vacas leiteiras no sistema Compost Barn. **Novos Desafios**, v. 4, n. 1, p. 64-75, 2024.
- SANTOS, S. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; RUAS, J. R. M.; PRADOS, L. F.; MARIZ, L. D. S. Intake, milk production and weight change curves for lactating Holstein x Zebu cows under grazing. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 827-836, 2014. DOI: 10.1590/1678-41626201
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Relatório Analítico – Educampo Leite 2023**. Belo Horizonte: Sebrae Minas, 2023.
- TASSO, E. H. **Análise comparativa de sistemas de produção de leite com alimentação a base de pasto e confinamento no sistema *compost barn***. Monografia (Bacharelado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Constantina: UFRGS, 2017.
- TRINDADE, F. S. **Índices zootécnicos, qualidade do leite e renda agrícola em sistemas de produção de leite confinado e semi-confinado**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC, 2018.
- ZANIN, A.; FAVRETTO, J.; POSSA, A.; MAZZIONI, S.; ZONATTO, V. C. S. Apuração de Custos e resultado econômico no manejo da produção leiteira: uma análise comparativa entre o sistema tradicional e o sistema freestall. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 17, n. 4, p. 431-444, 2015.
- ZULPO, A. P.; CARVALHO, T. B. Análise econômica de dois sistemas de produção de leite no meio oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 2, p. 37-41, 2020.