






Eficiência técnica em propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais em 2021

Technical efficiency in family dairy farms in the State of Minas Gerais in 2021

Leandro Carvalho Bassotto¹ , Gideon Carvalho de Benedicto² , André Luis Ribeiro Lima² ,
Marcos Aurélio Lopes³ , Fernanda Albuquerque Merlo⁴ 

¹ Faculdade Mogiana do Estado de São Paulo, Mogi Guaçu (SP), Brasil. E-mail: bassotto.lc@gmail.com

² Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG), Brasil. E-mail: gideon.benedicto@ufla.br; andre.lima@ufla.br

³ Faculdade de Zootecnia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG), Brasil. E-mail: malopes@ufla.br

⁴ Unidade de Agronegócios, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae Minas), Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: fernanda.merlo@sebraemg.com.br

Como citar: Bassotto, L. C., Benedicto, G. C., Lima, A. L. R., Lopes, M. A., & Merlo, F. A. (2024). Eficiência técnica em propriedades leiteiras familiares no estado de Minas Gerais em 2021. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(1), e261483. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.261483>

Resumo: A pecuária leiteira familiar é relevante para a agropecuária nacional que, embora contribua com a geração de riqueza e renda, enfrenta baixas eficiência, produtividade e custos de produção elevados. Objetivou-se analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais. Utilizou-se a Análise por Envoltória de Dados (DEA) com modelo BCC orientado a *inputs*. Quanto maior foi o nível de eficiência das DMU's, menos recursos foram utilizados em excesso. Foi identificada, ainda, a inexistência de DMU's que realizaram manutenção preventiva de máquinas, implementos e benfeitorias, justificando o aumento da utilização, principalmente, do insumo MIB (manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias). Com esta pesquisa, sugeriu-se o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), que evidencia o percentual da produção que está comprometida para comprar um determinado insumo. Quanto maior foi o nível de eficiência das DMU's, menor foi o ICIL, que passou de 49,36% (eficientes) para 67,47% (com eficiência baixa). Este se mostrou um importante indicador de eficiência de propriedades leiteiras, responsável por evidenciar a quantidade de leite produzido que está comprometida com o pagamento dos insumos utilizados na atividade leiteira. Também se mostrou valioso instrumento a ser utilizado como *benchmark* em propriedades leiteiras.

Palavras-chave: Análise por Envoltória de Dados (DEA), *Benchmark*, escala de produção, mão de obra familiar, pecuária leiteira.

Abstract: Family dairy farming is relevant for national agriculture which, although it contributes to the generation of wealth and income, faces low efficiency, productivity and high production costs. The objective was to analyze the technical efficiency of family dairy farms in the State of Minas Gerais. Data Envelopment Analysis (DEA) with input-oriented BCC model was used. The higher the efficiency level of the DMUs, the fewer resources were used in excess. It was also identified the lack of DMUs that performed preventive maintenance of machines, implements and improvements, justifying the increase in the use, mainly, of the MIB input (maintenance of machines, implements and improvements). With this research, the Milk Input Commitment Index (ICIL) was suggested, which shows the percentage of production that is committed to purchase a given input. The higher the efficiency level of the DMUs, the lower the ICIL, which went from 49.36% (efficient) to 67.47% (low efficiency). This proved to be an important indicator of efficiency of dairy properties, responsible for showing the amount of milk produced that is committed to the payment of inputs used in the dairy activity. It also proved to be a valuable instrument to be used as a benchmark in dairy farms.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA), benchmark, production scale, family labor, dairy farming.



1 Introdução

No Brasil, a produção de leite tem mantido uma taxa média de crescimento em torno de 4% ao ano, garantindo que o país seja o terceiro maior produtor de leite do mundo em 2021, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (no Inglês, FAO) (Food and Agriculture Organization of the United, 2021). Tal crescimento é superior às próprias expectativas do Governo Federal do Brasil, que estimou uma taxa média de crescimento da atividade leiteira de 2,4% a 3,3% entre os anos de 2015 e 2025 (Brasil, 2015). Minas Gerais é o maior estado produtor de leite e com a maior quantidade de estabelecimentos leiteiros registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF) do país (Lima & Perez, 2018).

Apesar de sua importância no Brasil e para Minas Gerais, a baixa produtividade das propriedades leiteiras ainda é uma realidade nacional (Lopes et al., 2021) devido, em muitos casos, à ineficiência do processo produtivo e à grande diversidade de sistemas de produção e desenvolvimento tecnológico das propriedades leiteiras (Steidle Neto & Lopes, 2020). Entre os três sistemas de produção, diferenciados segundo a utilização da mão de obra (familiar, mista e contratada; Lopes et al., 2007), a familiar é fundamental para o setor (Ferrazza et al., 2020) por sua capacidade de contribuição com o desenvolvimento econômico e social (Moreira et al., 2020). Nesse contexto, propriedades familiares são aquelas cuja única mão de obra (permanente) utilizada no processo produtivo advém da família (Horská et al., 2020). Segundo Demeu et al. (2021), propriedades com mão de obra familiar, mista e contratada se diferenciam quanto à eficiência na utilização dos recursos.

O arcabouço teórico deste trabalho está alicerçado na Teoria da Produção, pois possibilita compreender o processo operacional de propriedades leiteiras como um todo. Dormady et al. (2019) consideram essa teoria de fundamental importância, visto que estuda as diferentes interfaces existentes em organizações no que tange a função de produção (utilização de insumos na geração de produtos). Foram encontradas pesquisas na literatura acerca da pecuária leiteira familiar (Fassio et al., 2005; Lopes et al., 2019; Ferrazza et al., 2020). Contudo, poucas foram as publicações sobre a aplicação da Teoria da Produção no contexto da pecuária leiteira (Mondaini et al., 1997), não sendo identificado nenhum artigo que tenha contemplado a agricultura familiar.

Por meio da Teoria da Produção é possível que se utilize diferentes métodos¹ de análise de dados. Entre eles, a Análise por Envoltória de Dados (no inglês, *Data Envelopment Analysis* – DEA), se destaca por ser uma importante técnica de análise de eficiência relativa de organizações com características similares (Soteriades et al., 2020). A eficiência relativa pode ser ainda de natureza de escala, quando se analisa a capacidade de produção; alocativa, quando se considera a melhor utilização dos insumos, ao preço de mercado; e técnica, quando se leva em consideração a utilização dos insumos para o processo produtivo (Ferreira & Gomes, 2020). Nesta pesquisa, optou-se pela análise da eficiência técnica, muito útil em pesquisas na agropecuária (Reis et al., 2020b) e, em especial, na pecuária leiteira (Magalhães & Campos, 2006; Ferrari & Braga, 2021). Desse modo, diante da relevância da pecuária leiteira familiar (Muller et al., 2019), nesta pesquisa, optou-se por analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares em Minas Gerais.

Esta pesquisa se mostra um valioso sua contribuição com o avanço do conhecimento científico e gerencial, por estudar a função de produção de propriedades leiteiras com mão de obra familiar em Minas Gerais. Para tanto, tem-se a seguinte questão de pesquisa: Qual é

¹ São exemplos de técnicas de análise que podem ser utilizadas na Teoria da Produção: revisões sistemáticas e integrativas de literatura, análises bibliométricas, Simulação de Monte Carlo, Análise por Envoltória de Dados (DEA), *Free Disposal Hull* (FDH), análises bivariadas e multivariadas sobre insumos e produtos.

a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais, quanto à utilização de insumos?

Objetiva-se analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais. Especificamente, pretende-se propor o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), um índice de eficiência técnica que possibilitará analisar o comprometimento da produção com os insumos da atividade leiteira.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Propriedades leiteiras com mão de obra familiar

O termo propriedade familiar é comumente utilizado para descrever propriedades de pequeno porte (Uddin et al., 2021). Embora não haja consenso na literatura, esta definição alinha-se com a principal característica dessas propriedades, ou seja, a utilização de mão de obra familiar (Horská et al., 2020). No Brasil sua importância é premente, pois autores se dedicaram a estudar a pecuária leiteira familiar (Lazarini, Lopes & Cardoso, 2017; Pelegrini et al., 2019; Spanevello et al., 2019; Reis et al., 2020b; Ferrazza et al., 2020; Uddin et al., 2021).

Em um estudo sobre agricultura familiar, Breitenbach & Corazza (2020) concluíram que, mesmo que a maioria dos estabelecimentos rurais brasileiros sejam familiares, o tema somente começou a ganhar força na última década. Os autores acrescentam que a importância econômica, social e cultural dessas propriedades justifica a necessidade de maiores estudos que aprofundem o tema. Sua importância no contexto da agropecuária é notória, pois a produção de leite é predominante em muitos países em desenvolvimento, cuja participação na produção mundial de lácteos segue em crescimento (Food and Agriculture Organization of the United, 2021).

Quanto menores são, mais essas propriedades podem estar expostas a problemas advindos da baixa escala de produção, menor desenvolvimento tecnológico e questões relacionadas à menor competitividade do negócio, visto que possuem menos poder de negociação na compra de insumos e comercialização do leite (Gebreegziabher & Tadesse, 2014). Assim, são desafios a serem superados em propriedades que, muitas vezes, não possuem o desenvolvimento tecnológico que lhes permitam ter processos produtivos mais eficientes e rentáveis.

2.2 Teoria da Produção

A Teoria da Produção se dedica a estudar especificamente o processo de produção de organizações e os fatores produtivos, motivo pelo qual, Dormady et al. (2019) a consideram de fundamental importância, visto que permite que sejam analisadas questões relacionadas à função de produção. Vasconcellos & Garcia (2009) explicam que a Teoria de Produção se dedica a estudar os *inputs* (insumos), *processing* (processos produtivos) e *outputs* (produtos fabricados). Shou et al. (2020) acrescentam que a Teoria da Produção compreende os processos desde a entrada desses insumos nas organizações até a fabricação do produto final.

Os insumos são fundamentais para que se consiga maiores e melhores produções. Spers et al. (2013) salientam que os insumos contribuem também com a redução dos custos de produção e conseqüente melhora do processo produtivo. Por isso, tomadores de decisão devem se preocupar com a melhor utilização desses recursos para que tenham processos produtivos mais eficientes (Vasconcellos & Garcia, 2009). Desse modo, a utilização dos insumos influencia substancialmente nos processos produtivos. Por esse motivo, é válido pensar que os insumos são as primeiras variáveis que possibilitam determinar a eficiência do processo produtivo.

Na atividade leiteira, existem *outputs* de origem primária (principais produtos a serem comercializados) e secundária (subprodutos gerados com a produção primária). Entre os *outputs*, o leite é considerado um dos principais produtos da atividade. Em propriedades que beneficiam o leite, o queijo (Corrêa et al., 2018), o leite pasteurizado e o iogurte (Bassotto & Angelocci, 2017) são considerados como *outputs* da atividade. Existe ainda a venda de animais e esterco (Corrêa et al., 2018), considerados *outputs* de origem secundária.

A eficiência de processos produtivos é um tema de grande importância e relevância para a Teoria da Produção (Bassotto et al., 2022). É possível encontrar na literatura vários estudos que abordam diferentes tipos de eficiência, tais como a econômica (Lopes et al., 2004; Ferrazza et al., 2020), técnica (Reis et al., 2020b; Ferrari & Braga, 2021) e ambiental (Domenico et al., 2017; Almeida & Bacha, 2021). A eficiência técnica se destaca por sua importância e capacidade de geração de conhecimento para o setor e comunidade científica, conforme pode ser observado em várias publicações sobre o tema (Pinheiro & Altafin, 2007; Barbieri et al., 2016; Buss et al., 2020; Almeida & Bacha, 2021; Ferrari & Braga, 2021).

2.2.1 Insumos na atividade leiteira

A literatura aponta a existência de *inputs* de produção, normalmente classificados em: alimentação, mão de obra, sanidade, ordenha, energia, impostos, bST (*bovine somatotropine*), aluguel de terra, máquinas e equipamentos, inseminação artificial e despesas diversas (Lopes et al., 2004, 2006; Corrêa et al., 2018; Ferrazza et al., 2020; Demeu et al., 2021). Entende-se como alimentação o somatório dos recursos utilizados para a produção e aquisição de alimentos para o rebanho. A alimentação representa, em média, aproximadamente 60% dos custos operacionais da atividade leiteira (Lopes et al., 2004), sendo o *input* de maior impacto sobre os resultados do negócio do leite. Por esse motivo, é um dos mais importantes componentes operacionais da atividade leiteira.

A mão de obra é o segundo componente de maior representatividade nos custos operacionais da atividade leiteira (Lopes et al., 2021), classificada entre familiar e contratada. Conforme aponta a literatura, a mão de obra familiar é fundamental para o setor (Bassotto et al., 2022) e um custo operacional não desembolsável enquanto que a contratada, um dispêndio (custo desembolsável) (Lopes et al., 2004). Sua importância é notória, visto que autores estudaram o desempenho econômico de propriedades leiteiras, estratificadas quanto à utilização de mão de obra familiar, mista e/ou contratada (Lopes et al., 2007; Bánkuti et al., 2018; Muller et al., 2019; Pelegrini et al., 2019; Aydemir et al., 2020; Mihaylov & Zurbrugg, 2020). A mão de obra contratada pode ainda ser classificada em permanente e eventual, quando ocorrem contratações temporárias.

Custos com sanidade, inseminação artificial, ordenha e energia (energia elétrica e combustíveis) também são importantes para a composição dos custos operacionais na atividade leiteira (Lopes et al., 2021). Impostos são as tributações incidentes sobre a atividade, podendo ser, segundo Lopes et al. (2004), fixos ou variáveis.

Consideram-se *outputs*, os produtos e subprodutos obtidos com a produção de leite, passíveis de serem comercializados. A literatura aponta a existência de quatro produtos principais: leite, queijo, animais e subprodutos (Ferrazza et al., 2020; Reis et al., 2020a; Lopes et al., 2021). Entre eles, o leite produzido se destaca por ser a principal fonte de receitas em propriedades leiteiras.

A Teoria da Produção possui diferentes métodos de análise dos *inputs*, *processing* e *outputs* de produção. A Análise por Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*) ou DEA é uma importante técnica responsável por analisar a eficiência de organizações. Trata-se de

uma abordagem não-paramétrica de programação linear, muito útil para estimar a eficiência relativa de unidades produtivas (Ferreira & Gomes, 2020). A programação linear é considerada uma técnica de otimização de problemas que possuam opções de escolha, com existência de restrições de uso específicas (Soteriades et al., 2020).

2.2.2 Análise por Envoltória de Dados (DEA)

Na DEA, são consideradas como variáveis os insumos (*inputs*) e os produtos (*outputs*) de unidades produtivas (propriedades leiteiras, neste estudo), conhecidas como *Decision Making Units* (DMU) ou Unidades Tomadoras de Decisão (Charnes et al., 1978; Schull et al., 2014). A DEA compara DMU's com características semelhantes, definindo um escore que varia de 0 a 1 para as propriedades menos eficientes (<1,000) em relação às eficientes (=1,000) (Alonso et al., 2021). Juntas, propriedades com escore 1,000 formam a fronteira de eficiência da produção (ou fronteira de produção) que permite identificar o quanto as propriedades com baixa eficiência distam das eficientes. Ferreira & Gomes (2020) explicam que essa fronteira pode ser calculada a partir de três tipos básicos de eficiência: (i) de escala, visa aumentar a produção sem que se altere os insumos disponíveis; (ii) técnica, visa reduzir os insumos sem que a produção seja alterada; e (iii) alocativa, procura obter o menor custo e a maior receita aos preços de mercado.

Considera-se que a diferença entre os escores de eficiência é um importante *benchmarking* a ser utilizado como meta de melhoria da eficiência operacional para as DMU's que não tenham 100% de eficiência. Yan et al. (2021) evidenciam a utilização da DEA como um importante instrumento capaz de gerar *benchmarks* melhores para uma determinada amostra, que compartilhem de características semelhantes.

Outro ponto que merece destaque é a existência das DMU's que venham a apresentar resultados muito discrepantes da média (*outliers*). É possível, quando for o caso, excluí-las da análise para aumentar a precisão da técnica. Isso por que a DEA é muito sensível à variação de informações destoantes (Alonso et al., 2021). Contudo, esse tema parece ser controverso na literatura. Soteriades et al. (2020) sugerem que não se excluam os *outliers*. É possível que as exclusões possam comprometer a objetividade da pesquisa que, embora mais precisa, poderá não retratar o contexto real da amostra (Oliveira, 2018). Por esse motivo, a decisão entre manter ou excluir um *outliers* deve ser criteriosamente analisada por pesquisadores com conhecimento empírico sobre o tema.

Quanto ao escopo de aplicação da DEA, existem diferentes tipos de modelos utilizados para realizar os cálculos. Os principais e mais relevantes são o CCR e o BCC (Ferreira & Gomes, 2020). No modelo CCR, a relação entre insumos e produtos é regida pelo critério da proporcionalidade. Ferreira & Gomes (2020) explicam que o aumento de um implica no aumento proporcional do outro. Segundo Charnes et al. (1997), seu principal objetivo é a eficiência global e a estimativa das DMU's ineficientes em uma escala de retornos constante.

Já o modelo BCC propõe que o aumento no insumo haverá acréscimo na produção podendo, ou não, haver proporcionalidade entre eles (Cooper et al., 2004). Desse modo, considera-se que o BCC seja um modelo de retorno com escalas variáveis (Ferreira & Gomes, 2020). Uma vez que o BCC permite trabalhar com insumos menores e produções maiores (e *vice-versa*) (Cook et al., 1993), torna-se menos restritivo que o CCR e, deste modo, toda DMU que apresentar eficiência do CCR, o apresentará também no BCC, ao passo que aquelas que apresentarem eficiência no BCC poderão (ou não) apresentar eficiência no CCR (Cooper et al., 2004). Sua utilização é recomendada em amostras que contenham elementos que, de alguma forma, venham a influenciar na homogeneidade da amostra e que não possam ser excluídos. Na pecuária leiteira,

um exemplo disso é a escala de produção que, mesmo em amostras homogêneas, possibilita interferir na relação de proporcionalidade entre insumos e produtos de diferentes DMU's.

É possível ainda que haja orientação desses modelos para *inputs* e *outputs*, originando quatro tipos diferentes de análises: CCR de *inputs*; CCR de *outputs*; BCC de *inputs* e BCC de *outputs* (Ferreira & Gomes, 2020). Quando a orientação do modelo for para *inputs*, objetiva-se reduzir a utilização das entradas (insumos), mantendo-se as saídas (produtos), que seriam constantes. Já os modelos orientados para os *outputs* visam aumentar as saídas, mantendo as entradas em níveis constantes (Alonso et al., 2021).

Existem dois conceitos importantes para se analisar a eficiência relativa em DEA. O movimento radial indica a quantidade de insumos a ser reduzida para que uma determinada DMU atinja a fronteira de eficiência (Pascotto et al., 2018). Na DEA, seu valor ou percentual indica a quantidade de insumos que deve ser reduzida para que as DMU's com escore inferior a 1,000 (menos eficientes) atinjam a fronteira de eficiência. Contudo, após a redução do movimento radial, é possível que ainda existam DMU's que tenham insumos utilizados em excesso, cujo indicador é denominado por Ferreira & Gomes (2020) como folga. A Figura 1 exemplifica o comportamento desses dois conceitos. Considerando que a DMU P_0 esteja fora da fronteira de produção (de A_1 a A_5), para que se torne eficiente (na fronteira de produção), precisaria reduzir seus insumos de modo que seu valor em P_0 reduza até Q_0 . A folga é exemplificada no momento em que a produção (L) não oscila diante do aumento do insumo (K) (de A_4 a A_5).

Existem três tipos de eficiência para DMU's compreendidas a partir do movimento radial e folga: (i) DMU's fortemente eficientes (escore=1,000) possuem folga e movimento radial igual a zero; (ii) DMU's fracamente eficientes (escore=1,000) possuem movimento radial igual a zero e folga maior que zero; e (iii) DMU's ineficientes (escore < 1,000) possuem movimento radial maior que zero, podendo ou não apresentar folga (Ferreira & Gomes, 2020). Assim, tanto a folga quanto o movimento radial indicam a utilização excessiva de insumos e produtos pelas DMU's, cujo ideal é ter valores iguais a zero.

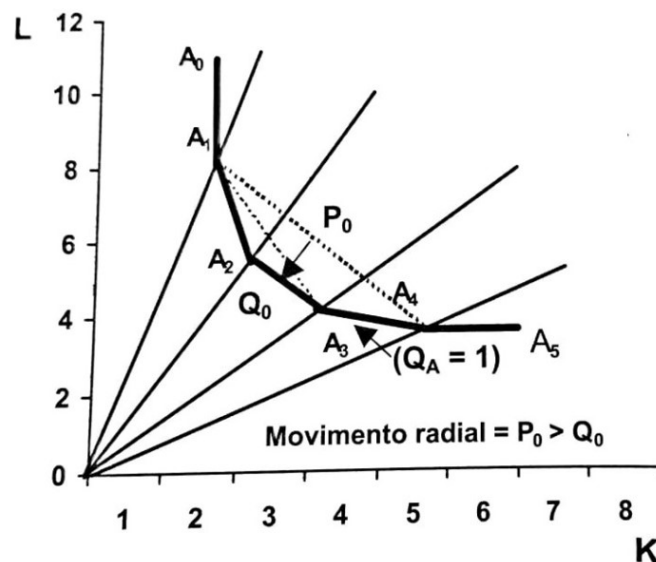


Figura 1. Movimento radial e folga em um modelo de função de produção. Notas: Os pontos de A_0 a A_5 indicam unidades tomadoras de decisão (DMU's) que se encontram na fronteira de eficiência (linha em negrito que as conectam). A distância entre os pontos P_0 e Q_0 é denominada movimento radial (redução de insumos necessária para que a DMU se torne eficiente). A distância entre A_4 e A_5 é denominada folga (utilização excessiva de insumos mesmo estando a DMU na fronteira de eficiência).
Fonte: Adaptado de Ferreira & Gomes (2020).

3 Metodologia

3.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa possui abordagem quantitativa pois, segundo Hair Júnior et al. (2005), utilizam de procedimentos matemáticos e/ou estatísticos ancorados em arcabouços teóricos para que se possa fazer inferências e deduções. Além disso, esta pesquisa possui natureza dos objetivos metodológicos descritiva e explicativa. A primeira permite que se compreenda as características do fenômeno a ser estudado (Spector, 2002), enquanto a segunda se apoia em pressupostos causais ou estocásticos com o intuito de explicar a casualidade (Martins & Teóphilo, 2016). Quanto ao método de pesquisa, é o não experimental, pois o objeto de estudo é analisado em seu estado natural, não sendo influenciado pelo pesquisador (Gil, 2002).

Utilizou-se a amostragem não probabilística intencional, ideal para situações em que o pesquisador especifica quais serão os parâmetros de seleção dos casos da amostra (Gil, 2002). As propriedades leiteiras analisadas participavam do programa de assistência técnica e gerencial Educampo, desenvolvido pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas em Minas Gerais (Sebrae Minas), presente em todo o Estado de Minas Gerais. As propriedades analisadas foram assistidas mensalmente por profissionais especializados, responsáveis por, entre outras, coletar os dados e registrá-los na plataforma de inteligência do Sebrae Minas (Plataforma Educampo Leite). Nesta pesquisa, consideraram-se apenas as propriedades leiteiras que utilizam de mão de obra familiar para realizar as atividades operacionais. Este recorte foi definido diante da relevância da agricultura familiar para o contexto da pecuária leiteira (Muller et al., 2019).

Quanto à técnica de coleta de dados, esta pesquisa classifica-se em: dados de natureza secundária, em função de que não foram coletados diretamente em sua fonte (Malhotra, 2001), motivo pelo qual é classificada ainda como documental (Martins & Teóphilo, 2016). Devido ao fato de os dados retratarem o ano de 2018, pode ainda ser classificada como *ex-post facto*, por analisar dados que transcorreram no passado (Gil, 2002).

Por fim, a técnica de análise de dados utilizada foi a Análise por Envoltória de Dados (DEA) (Charnes et al., 1978), considerada uma importante técnica da Teoria da Produção responsável por analisar a eficiência relativa de unidades produtivas com características semelhantes (DMU's) (Ferreira & Gomes, 2020).

3.2 Abordagem, métodos e amostragem

O banco de dados inicial dispunha de 485 propriedades leiteiras. Contudo, amostras muito heterogêneas podem comprometer os resultados da DEA, visto sua grande sensibilidade às discrepâncias (*outliers*) (Cooper et al., 2004; Yan et al., 2021). Desse modo, optou-se por analisar apenas as propriedades familiares com o intuito de garantir maior homogeneidade da amostra, identificando, inicialmente, 60 propriedades. Conforme recomenda a literatura (Charnes et al., 1991; Ferreira & Gomes, 2020), excluiu-se sete casos devido à existência do valor R\$0,00 qualquer um dos *inputs* utilizados. Posteriormente, excluiu-se cinco casos que apresentaram valores muito discrepantes (*outliers*), de modo que a amostra ficou com 48 casos válidos. Assume-se que cada caso da amostra (propriedades leiteiras) seja uma unidade tomadora de decisão, denominada DMU (Charnes et al., 1997).

Adotou-se a DEA com orientação para os *inputs* (Charnes et al., 1991), devido à maior possibilidade de contribuição gerencial dos resultados desta pesquisa para os produtores rurais visto que, para aumentar a escala de produção, é necessário que outros recursos, não analisados nesta pesquisa,

sofram variação. Ferrazza et al. (2020) salientam que benfeitorias, máquinas e equipamentos são exemplos de outros recursos que afetam a produção. Optou-se ainda pelo modelo BCC, que supõe o retorno em escalas variáveis (Ferreira & Gomes, 2020). Na amostra em questão, este modelo se mostrou mais eficiente para explicar a eficiência das DMU's com diferentes escalas de produção.

Para a seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) a serem utilizados na amostra, considerou-se a Regra de Ouro (*Golden Rule*), que recomenda que a quantidade de DMU's seja de, no mínimo, duas ou três vezes mais que a quantidade de variáveis (Banker et al., 1989). Ferreira & Gomes (2020) recomendam que se considere um mínimo de quatro a cinco vezes mais DMU's que variáveis visto que, em pesquisas recentes, tem apresentado resultados satisfatórios. Nesta pesquisa, ambos os critérios foram atendidos.

Yan et al. (2021) recomendam também que se considere apenas as variáveis mais relevantes, visto que muitas delas podem comprometer o resultado da análise DEA. Desse modo, considerou-se como *output* a quantidade total de leite produzido, expresso em litros/dia e, como *inputs*, os custos dos insumos com alimentação, mão de obra eventual (apenas contratações temporárias, visto que as propriedades analisadas não possuem contratações permanentes), manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB) e energia, expressos em Reais. Para a escolha dos *inputs*, utilizou-se o Princípio de Pareto (Regra 80-20), criado por Pareto em 1897 (Márquez & Fermín, 2010), cujo seu somatório representou 83,08% dos custos operacionais. Essas variáveis foram definidas pela literatura que recomendam que os insumos sejam assim classificados (Lopes et al., 2004, 2021; Pelegrini et al., 2019; Reis et al., 2020a; Ferrazza et al., 2020).

Para classificar os insumos conforme recomenda a literatura, utilizou-se uma planilha eletrônica do *Microsoft Office Excel*[®]. Uma vez que a DEA não exige que haja alteração de unidades monetárias ou produtivas de qualquer natureza (Cooper et al., 2004), não foi realizada nenhuma conversão de valores. Contudo, os dados foram disponibilizados pelo Sebrae Minas com uma correção monetária para fevereiro/2019, sendo utilizado o indexador IGP-DI – Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna, da Fundação Getúlio Vargas (2021). Esse indicador é considerado por Souza et al. (2018) como um bom indexador utilizado para atualizações monetárias.

Posteriormente, para a análise estatística, utilizou-se o *software* MaxDEA[®] para realizar a Análise por Envoltória dos Dados (DEA). Com esta análise, foram criados dois estratos: eficientes (com escore igual a 1,000) e com baixa eficiência (escore inferior ou igual a 0,999). Uma vez que o MaxDEA[®] não permite calcular a tendência das DMU's, a referida linha foi criada em uma planilha eletrônica do Excel[®] com o intuito de melhor elucidar o comportamento de relação entre os insumos e a escala de produção.

Terminada a análise dos dados, criou-se um *benchmarking* de eficiência para as propriedades leiteiras. Estratificou-se as propriedades analisadas segundo o nível de eficiência em quatro agrupamentos (eficiência máxima, alta, média e baixa), definidos a partir dos escores de eficiência da DEA. Para a definição desses agrupamentos, por meio do IBM SPSS[®], utilizou-se a análise dos *clusters* discriminantes (hierárquica), com método *Ward* e Distância Euclidiana ao Quadrado (Hair Júnior et al., 2005). Adicionalmente, discutiu-se também o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL) como indicador de eficiência a ser utilizado como *benchmark* das DMU's ineficientes, definido a partir do percentual da produção que está comprometido com o pagamento de cada insumo.

4 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os escores de eficiência das DMU's analisadas. Foram identificadas 15 (31,25%) DMU's eficientes e 33 (68,75%) com baixa eficiência. As DMU's com baixa eficiência apresentaram, em média, escore 22,68% menor que as eficientes.

Tabela 1. Escore de eficiência técnica das propriedades leiteiras familiares (DMU's)

DMU (escore)	Prod ¹	DMU (escore)	Prod. ¹	DMU (escore)	Prod. ¹	DMU (escore)	Prod. ¹
1 (0,695)	504	13 (0,936)	963	25 (1,000)	1.139	37 (0,929)	920
2 (0,594)	376	14 (0,731)	893	26 (1,000)	213	38 (0,746)	728
3 (0,698)	270	15 (0,801)	587	27 (0,906)	255	39 (1,000)	1.183
4 (0,837)	1.127	16 (0,771)	1.041	28 (0,555)	392	40 (0,732)	574
5 (0,794)	271	17 (1,000)	1.157	29 (1,000)	661	41 (0,922)	691
6 (0,712)	1.104	18 (1,000)	741	30 (0,484)	470	42 (1,000)	319
7 (0,976)	407	19 (0,808)	479	31 (0,908)	372	43 (1,000)	831
8 (0,574)	622	20 (0,668)	433	32 (1,000)	1.158	44 (0,758)	416
9 (1,000)	779	21 (0,769)	1.062	33 (1,000)	1.104	45 (0,615)	599
10 (1,000)	397	22 (0,576)	579	34 (0,863)	950	46 (0,754)	316
11 (1,000)	738	23 (0,987)	241	35 (0,669)	359	47 (1,000)	879
12 (1,000)	201	24 (0,883)	372	36 (0,881)	187	48 (0,982)	641

Nota: ¹Produção média de leite em litros/dia. Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Para atingirem a fronteira de eficiência, as DMU's com baixa eficiência precisariam reduzir os insumos com alimentação, energia, mão de obra eventual e MIB, em média, 22,68%, valor indicado pelo movimento radial, condição que as colocaria na fronteira de eficiência. Caso as DMU's com baixa eficiência consigam reduzir a utilização de insumos nesse percentual médio, se tornariam eficientes (escore 1,000). Contudo, das 33 DMU's com baixa eficiência, apenas seis delas (3, 4, 15, 19, 37 e 48) se tornariam realmente eficientes, ou seja, com folga igual a zero. As demais (81,81% com baixa eficiência) seriam consideradas, segundo Ferreira & Gomes (2020), como falsos ou fracamente eficientes. Isso porque, embora estivessem na fronteira de produção, ainda teriam a utilização excessiva de insumos (folga). Estar na fronteira de eficiência não é condição suficiente para que se tenha a otimização na utilização dos recursos. É necessário também que se elimine os insumos consumidos em excesso.

As DMU's com baixa eficiência apresentaram, em média, 8,46% de folga, indicando que muitos insumos foram utilizados em excesso. Outra condição que explicaria este comportamento é a compra de insumos a preços mais elevados. Somando-se o movimento radial e a folga, as DMU's com baixa eficiência precisariam reduzir, em média, 31,14% dos insumos para que consigam se tornar fortemente eficientes. Esses resultados sugerem que propriedades leiteiras familiares em Minas Gerais utilizam mais insumos com alimentação, energia, mão de obra eventual e manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB) que o necessário para a produção.

A produção média de leite (*output*) das DMU's eficientes foi 31,79% superior às com baixa eficiência (Tabela 2). Constatou-se que propriedades leiteiras podem ter eficiência técnica, independente de qual seja a escala de produção, visto que os valores máximos e mínimos das DMU's eficientes e com baixa eficiência foram muito heterogêneos (Tabela 2). A escala de produção é considerada por Buss et al. (2020) como um fator de grande importância para a eficiência, haja visto que, no estudo realizado por eles, este foi um comportamento semelhante das propriedades mais eficientes.

Tabela 2. Análise descritiva das propriedades leiteiras familiares (DMU's)

Item	DMU's eficientes					DMU's com baixa eficiência				
	Média	% ¹	DP	Mín.	Máx.	Média	% ¹	DP	Mín.	Máx.
Escore	1,000	-	0,000	1,000	1,000	0,7732	-	0,135	0,484	0,987
Produção (litros/dia)	767	-	351	201	1.183	582	-	280	187	1.127
Alimentação ²	55,79	69,76	15,36	21,86	79,50	67,17	69,21	14,52	36,72	96,10
Mão de obra ²	2,17	3,11	1,40	0,25	6,10	3,19	3,37	1,37	1,40	6,75
Energia ²	4,99	6,74	1,80	3,04	8,66	6,46	6,80	2,23	3,50	13,43
MIB ²	1,47	1,97	1,43	0,04	5,52	2,75	2,85	2,04	0,45	9,64

Notas: DP: Desvio padrão; MIB: Manutenção de máquinas, implementos e equipamentos; ¹Representatividade do insumo (%) sobre o custo operacional efetivo (COE); Valores expressos em R\$/100 litros de leite produzido; ²Valores expressos em R\$ gastos para cada 100 litros de leite produzidos. Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Com a redução do movimento radial (22,68%), essas DMU's atingiriam a fronteira de eficiência, de modo que a maioria (93,94%) delas teria folga igual a zero (fortemente eficientes). Para que isso ocorra, é necessário que os tomadores de decisão se atentem para práticas e procedimentos que permitam aumentar a eficiência da atividade leiteira sem comprometer a escala de produção.

O primeiro *input* considerado foi a alimentação, compreendendo os insumos utilizados para a produção e aquisição de alimentos e nutrição do rebanho. Embora as propriedades eficientes tenham gasto mais insumos com alimentação (Tabela 2), apresentaram, em média, utilização de R\$0,56/litro de leite produzido, ao passo que as com baixa eficiência gastaram R\$0,69/litro (alta de 23,21%). Além de melhoria na eficiência técnica dessas DMU's, a menor utilização desse insumo contribui para que sejam mais rentáveis. Lopes et al. (2021) salientam que, por ser o componente dos custos operacionais mais representativo para a atividade leiteira, a redução dos valores dispendidos com insumos com alimentação possibilita maximizar a lucratividade dessas propriedades.

A Figura 2 mostra a relação entre a alimentação (R\$) e a produção (litros/dia) das DMU's analisadas. A distância entre as linhas tracejadas e pontilhadas indica o movimento radial a ser reduzido para que DMU's com baixa eficiência se tornem mais eficientes. Percebe-se que a tendência das eficientes (linha tracejada) indicou melhor utilização desse insumo à medida que a escala de produção aumentou, pois, quanto maior for a escala, mais a tendência eficiente se distanciou da baixa eficiência (linha pontilhada). Tal resultado evidencia o entendimento que DMU's menos eficientes consomem mais insumos para alimentação do rebanho que as mais eficientes e isso tende a acentuar com o aumento da escala de produção. Ou seja, as DMU's eficientes conseguem melhor utilizar os insumos com alimentação à medida que a escala de produção aumenta, em comparação com aquelas com baixa eficiência, o que pode ser observado no distanciamento das tendências. Como consequência da melhoria da utilização dos insumos, conforme apresentam Pinheiro & Altafin (2007), tem-se que o aumento da escala de produção auxilia na redução dos custos de produção.

Uma das limitações da DEA é sua incapacidade em ranquear as DMU's eficientes, visto que, conforme salientam Yan et al. (2021), embora o escore das eficientes seja de 1,000, existem algumas que são mais eficientes que outras. Uma vez que a tendência tenha se originado a partir dos resultados das DMU's eficientes (Figura 2), considera-se que aquelas que estão abaixo da referida linha (tracejada) são mais eficientes que as demais, quanto à utilização dos insumos com alimentação. Além disso, o capital gasto com o insumo (alimentação)/litro de leite produzido aumentou à medida que a produção cresceu.

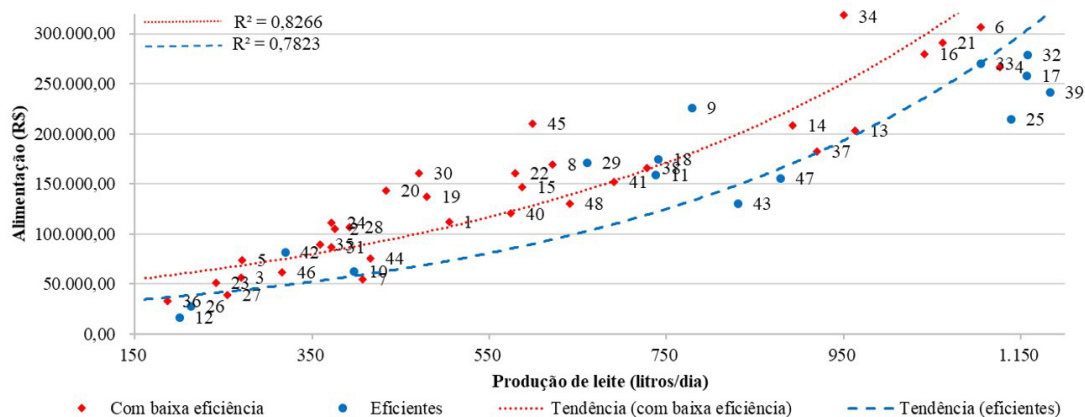


Figura 2. Relação entre alimentação (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As DMU's menos eficientes estão acima da tendência (linha pontilhada; Figura 2). À medida que as DMU's ineficientes aumentaram seu escore de eficiência, ficaram mais próximas da função de produção eficiente. Comparações dessa natureza podem ser especialmente úteis para ajudar tomadores de decisão a identificarem o quão longe estão da eficiência ideal e, com isso, definir qual seria o valor dispendido com o insumo prioritário a ser reduzido.

O segundo insumo analisado foi a energia que, segundo Lopes et al. (2004), é composto por energia elétrica e combustíveis. As DMU's eficientes e com baixa eficiência gastaram, em média, R\$0,05/litro e R\$0,06/litro, respectivamente; alta de 20,00% (Tabela 2). Entre as menos eficientes, dez DMU's (30,30%) precisariam reduzir seus insumos em 15,67% para que não houvesse utilização do insumo em excesso, enquanto que as demais (69,70%) não apresentaram folga. Manutenções preventivas de máquinas, implementos e equipamentos podem contribuir para que, em boas condições de funcionamento, seja possível economizar combustível e/ou energia elétrica, otimizando a utilização do referido insumo.

Na Figura 3, a tendência das DMU's eficientes (linha tracejada), que relaciona produção e energia, apresentou comportamento menos ascendente, quando comparada com a das menos eficientes (linha pontilhada). Significa dizer que as DMU's com baixa eficiência de maior porte utilizaram mais energia em excesso, quando comparadas às menores.

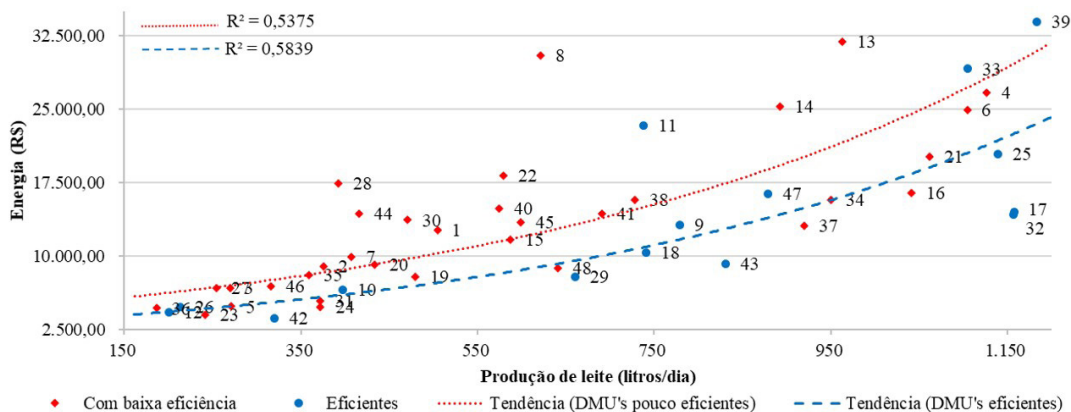


Figura 3. Relação entre energia (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Duas DMU's (17 e 32; Figura 3) se destacaram quanto à baixa utilização de energia, consumindo R\$0,03/litro e produzindo em torno de 1.150 litros/dia. Comparativamente, essas DMU's foram mais eficientes que a 25, cujo consumo do referido insumo foi de R\$0,05/litro. As DMU's 29, 43 e 42 também apresentaram a mesma eficiência e com menores produções diárias de leite, indicando que propriedades familiares podem ter elevadas eficiências técnicas, independentemente do tamanho da escala de produção. Entre as DMU's menos eficientes, a 8 foi a que apresentou pior eficiência (R\$0,13/litro), seguida das DMU's 28 (R\$0,12/litro), 13 e 22, (R\$0,09/litro cada). Embora a DMU 13 tenha consumido mais energia, a produção de leite (superior) garantiu maior eficiência que a 8. Tal resultado corrobora com Lopes et al. (2021) que salientam que o aumento da escala de produção contribui com a melhoria da eficiência da utilização de recursos em propriedades leiteiras.

As DMU's menos eficientes (8, 28, 13 e 22; Figura 3) consumiram 150,36% mais energia que a média das DMU's eficientes. Várias são as causas que poderiam explicar o elevado seu consumo. As principais possibilidades são: mau funcionamento das máquinas e equipamentos; baixa produtividade das lavouras para produção da alimentação do rebanho, exigindo que maiores áreas sejam cultivadas; topografia mais acidentada, necessitando de maior cautela na utilização de máquinas e equipamentos; preparo do solo de forma inapropriada; e falta de planejamento quanto ao uso e controle de estoque de combustíveis na propriedade.

O terceiro insumo mais representativo da amostra, a mão de obra, é considerado o segundo componente de maior importância nos custos operacionais de propriedades leiteiras (Lopes et al., 2004; Pelegrini et al., 2019; Ferrazza et al., 2020). Contudo, nesta pesquisa, ocupou a terceira colocação devido às propriedades analisadas não possuírem mão de obra permanente contratada, realizando contratações apenas em períodos sazonais. Nessas propriedades, a mão de obra permanente utilizada é, predominantemente, proveniente da família.

A maioria das DMU's (69,70%) não apresentou folga com mão de obra eventual, indicando que poucas são aquelas que utilizaram esse insumo em excesso. Nas demais (30,30%), constatou-se folga média de 16,67%, indicando que elas possuem mão de obra eventual contratada em excesso. Em média, as DMU's menos eficientes necessitariam reduzir o valor das contratações temporárias em 26,01%, sem alterar a escala de produção para que possam ser consideradas eficientes. À medida que as DMU's eficientes aumentaram a escala de produção, se distanciaram das com baixa eficiência (Figura 4).

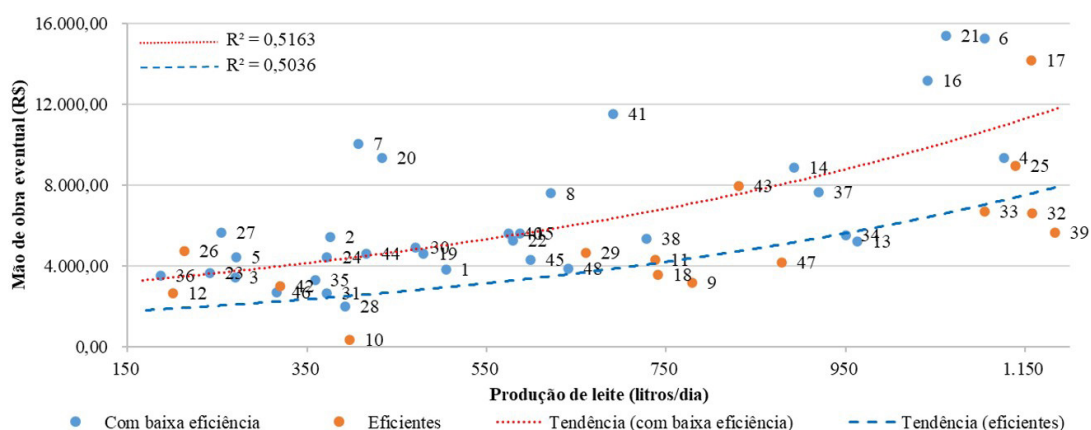


Figura 4. Relação entre mão de obra eventual (R\$) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Entre as DMU's eficientes, a 9 e 10 (Figura 4) se destacaram quanto à otimização da mão de obra eventual para a produção de leite, com R\$0,011/litro e R\$0,02/litro, respectivamente. Essas DMU's produziram 779 e 397 litros/dia (Tabela 1), gastando R\$3.202,48 e R\$360,00 com mão de obra eventual, respectivamente (Tabela 2). Embora a DMU 9 tenha gasto 789,57% a mais que a 10, sua produção de leite (96,22% superior) contribuiu para que seus custos com mão de obra eventual/litro de leite fossem 45% inferiores. Tal melhoria da eficiência é derivada da escala de produção, que contribuiu com a redução dos custos (R\$/litro) da mão de obra eventual, entendimento corroborado também por Lopes et al. (2021).

O quarto *input* analisado foi a MIB, que compreende os dispêndios ocorridos com a manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias. Entre os quatro *inputs* analisados (alimentação, energia, mão de obra eventual e MIB), este insumo foi o que apresentou maior folga. Ou seja, mais utilizou insumos em excesso ao atingir a fronteira de eficiência entre as DMU's menos eficientes, sendo o *input* com pior eficiência, o que pode ser constatado pela média de 21,62% dos gastos com MIB que foram utilizados em excesso, ou seja, indicativo que essas propriedades precisam se tornar mais eficientes.

A Figura 5 apresenta a tendência das DMU's eficientes e com baixa eficiência quanto à manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB). Até 750 litros/dia, houveram poucos gastos com MIB. Contudo, a maior ascendência da tendência nos agrupamentos sugere que propriedades leiteiras maiores tendem a ter maior capital investido em máquinas, implementos e benfeitorias, bem como na preocupação em realizar a manutenção, explicando o aumento da MIB.

As DMU's menos eficientes gastaram, em média, R\$0,028/litro de leite produzido, cujas piores DMU's foram as 6 (R\$0,046/litro), 4 (R\$0,049/litro), 34 (R\$0,049/litro), 8 (R\$0,067/litro) e 40 (R\$0,096/litro). As DMU's eficientes apresentaram média de R\$0,015/litro, ou seja, gastaram 46,43% a menos do que as com baixa eficiência. As DMU's eficientes estão mais próximas da tendência, quando comparadas às com baixa eficiência, cujos pontos (Figura 5) estão mais dispersos.

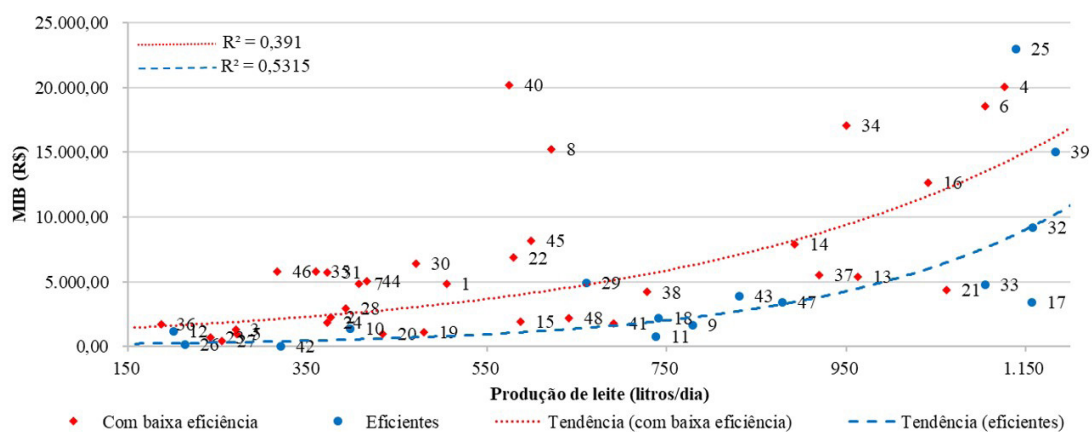


Figura 5. Relação entre manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB; em Reais) e produção (litros/dia) das propriedades leiteiras familiares (DMU's). Fonte: dados da pesquisa (2021).

Os resultados desta pesquisa sugerem que propriedades leiteiras necessitam melhorar suas eficiências técnicas para reduzir a utilização de insumos e, conseqüentemente, contribuir para que o negócio se torne mais atrativo. A partir dos principais componentes de cada um

dos insumos analisados nesta pesquisa, é proposto um modelo de melhoria da eficiência (Figura 6) que auxilia na compreensão de como os insumos podem ser trabalhados para que se consiga maior eficiência técnica da atividade leiteira.

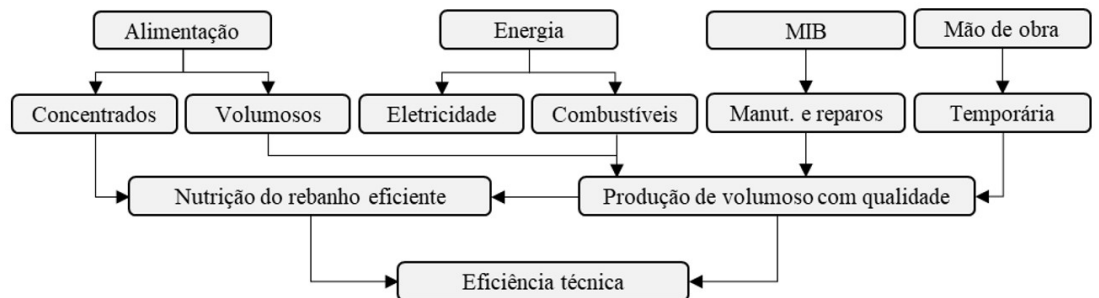


Figura 6. Relações entre insumos e eficiência técnica das propriedades leiteiras. Nota: MIB: manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias. Fonte: dados da pesquisa (2021).

Os principais componentes que influenciaram na eficiência da alimentação foram os alimentos concentrados e volumosos (Figura 6). Para a produção de volumosos, é necessário que as máquinas e implementos estejam em boas condições de funcionamento e com combustíveis suficientes (e de qualidade) para que tenham elevados desempenhos operacionais. Além disso, a contratação de mão de obra eventual em períodos de acúmulo das atividades operacionais ligados à produção de volumoso também se faz necessária. Por isso, para aumentar a eficiência técnica da atividade leiteira, é importante que produtores se preocupem de modo especial com os processos e insumos utilizados na produção de volumoso, visando maior eficiência e qualidade do referido alimento.

Além disso, conforme explicam Lazarini et al. (2017), a alimentação interfere substancialmente na nutrição do rebanho, influenciando a escala de produção. Os autores acrescentam que, em propriedades com volumosos de maior qualidade, há redução na utilização de concentrados, beneficiando também o desempenho econômico dessas propriedades. Desse modo, a melhoria na produção de volumoso possibilita reduzir o fornecimento de alimentação concentrada aos animais, elevando a eficiência técnica da atividade leiteira.

4.1 Benchmarking de eficiência

Como *benchmark* de eficiência, é proposto um indicador, denominado Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), responsável por medir o percentual da produção que está comprometida para o pagamento de cada insumo (ou com o somatório deles) na atividade leiteira. Com este indicador, é possível comparar a eficiência na utilização de insumos em propriedades leiteiras com diferentes escalas de produção. É proposta a seguinte equação matemática para calculá-lo:

$$ICIL = \left[\frac{\left(\frac{I}{PV} \right)}{P} \right] \times 100$$

Em que:

ICIL: Índice de Comprometimento de Insumos em Leite, em percentual;

I: Valor total do insumo, em Reais;

PV: Preço médio de venda do leite, em Reais/litro;

P: Produção total de leite, em litros/ano.

Foram consideradas as DMU's com escore igual a 1,000 (eficientes), de 0,850 e 0,999 (alta eficiência), de 0,650 a 0,849 (média eficiência) e abaixo de 0,650 (baixa eficiência) (Tabela 3), definidos a partir da análise dos *clusters* discriminantes. Tal classificação foi fundamental para comparar os resultados de DMU's com diferentes níveis de eficiência.

Tabela 3. Benchmark de eficiência das propriedades leiteiras familiares (DMU's)

Item	Eficiência							
	Máxima ¹ n=15		Alta ² (n=11)		Média ³ (n=16)		Baixa ⁴ (n=6)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Escore de eficiência (%)	100,00	0,00	92,49	4,06	74,66	4,82	56,62	4,13
Produção (litros/dia)	767	339	545	285	635	303	506	99
ICIL Alimentação (%)	42,66	10,76	43,67	10,99	48,13	5,48	56,69	6,20
ICIL Energia (%)	3,90	1,59	4,05	1,60	4,49	1,10	6,49	2,37
ICIL Mão de obra eventual (%)	1,71	1,21	2,65	1,49	2,21	0,51	1,88	0,69
ICIL MIB (%)	1,10	1,03	1,42	0,95	2,18	1,75	2,41	1,14
ICIL Total (%)	49,36	10,19	51,79	10,57	57,02	4,66	67,47	7,21

Notas: Os escores de eficiência foram definidos a partir da análise dos *clusters* discriminantes; ¹Escore igual a 1,000; ²Escore entre 0,850 e 0,999; ³Escore entre 0,650 e 0,849; ⁴Escore abaixo de 0,650. ICIL: Índice de Comprometimento de Insumos em Leite, em %; MIB: Manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias. Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As DMU's com alta, média e baixa eficiência (Tabela 3) apresentaram ICIL com alimentação, em média, de 32,42%, 12,82% e 2,37% superior às com eficiência máxima, respectivamente. Tais resultados indicam que, à medida que as DMU's aumentaram seus escores de eficiência, apresentaram menor comprometimento da produção para cobrir os insumos com alimentação. Para melhorar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares é fundamental que tomadores de decisão se atentem para os insumos com alimentação e busquem maior eficiência quanto à sua utilização, visto ser este o componente de maior impacto sobre a produção de leite. Zhang et al. (2021) corroboram com esse entendimento e acrescentam que seja o componente mais representativo dos custos operacionais de produção do leite.

As DMU's com baixa, média e alta eficiência (Tabela 3) apresentaram, em média, ICIL com energia de 66,41%, 15,13% e 3,85% superiores às com eficiência máxima, respectivamente. Uma prática que impacta no aumento indevido do referido insumo é a aquisição de máquinas e implementos com porte (ou potência de funcionamento) muito superior às necessidades da atividade leiteira. Com isso, o consumo de combustíveis para se manterem em funcionamento, se forem subutilizadas, pode elevar o consumo de energia, piorando a eficiência técnica de propriedades leiteiras. Demeu et al. (2021) advertem sobre a seriedade com que novos investimentos devem ser tratados em propriedades leiteiras.

Entre os quatro insumos analisados, nesta pesquisa, a mão de obra eventual foi o único que não apresentou resultados melhores à medida que se aumentou o nível de eficiência das DMU's analisadas (Tabela 3). Contudo, as DMU's eficientes foram as que apresentaram menor ICIL com mão de obra eventual, quando comparadas às demais. Neste insumo, especificamente, é possível que outras variáveis não contempladas neste estudo possam influenciar também na sua variação. Como exemplo, existem propriedades de pequeno porte que, eventualmente, têm mão de obra familiar ociosa, condição em que poderia não haver necessidade de contratações temporárias. Vale lembrar que não foram encontradas outras publicações que investiguem a utilização de mão de obra eventual na atividade, pois as publicações se concentram na mão de obra permanente e/ou não fazem distinções entre elas (Lopes et al., 2004, 2019; Ferrazza et al., 2020).

O ICIL com MIB das DMU's com baixa, média e alta eficiência (Tabela 3) foi, em média, 119,10%, 98,18% e 29,10% superior às com máxima eficiência, respectivamente. Em valores percentuais,

foi o insumo com maior variação entre os diferentes níveis de eficiência. Por isso, entre os quatro insumos analisados (alimentação, energia, mão de obra eventual e MIB), este necessita de maior preocupação por parte dos tomadores de decisão para que não sofra aumento excessivo, pois influenciam significativamente na eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares.

Com o somatório dos quatro insumos analisados nesta pesquisa (alimentação, energia, mão de obra eventual e MIB), constatou-se que as DMU's eficientes comprometeram, em média, 49,36% (ICIL total) da produção de leite para cobrir esses insumos (Tabela 3). Comparativamente, as DMU's com baixa, média e alta eficiência precisariam melhorar seus desempenhos técnicos em 26,84%, 13,43% e 4,69% para que consigam se igualar às com máxima eficiência, quanto à utilização de insumos para a produção de leite. Quanto pior for a eficiência técnica de propriedades leiteiras, maior deverão ser os esforços dos tomadores de decisão para que consigam reduzir a utilização de insumos e, conseqüentemente, elevar suas eficiências técnicas.

5 Conclusões

Com esta pesquisa, objetivou-se analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais e, com isso, propor um indicador de eficiência. No estado mineiro, algumas propriedades leiteiras familiares se mostraram eficientes independentes da escala de produção. Além disso, as DMU's menos eficientes utilizaram insumos em seus processos produtivos de forma inapropriada, comprometendo suas eficiências técnicas.

Entre os insumos analisados (alimentação, energia, mão de obra eventual e MIB ou manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias), a alimentação foi o insumo com maior representatividade na produção de leite. Isso reforçou o que a literatura indicou de que produtores rurais devem se preocupar significativamente com os insumos utilizados para a alimentação dos animais, diante de sua importância e grande possibilidade de impactar nos resultados da atividade leiteira.

A escala de produção não influenciou na eficiência técnica das propriedades analisadas, sendo identificadas DMU's com diferentes escalas de produção nos níveis de eficiência propostos. Os resultados também indicaram a necessidade de produtores familiares considerarem o consumo de energia (elétrica e/ou combustíveis) antes de sua implementação, para que o aumento dos investimentos não demande consumos do referido insumo desnecessariamente. A manutenção preventiva de máquinas, implementos e benfeitorias também constitui um importante fator a ser levado em consideração para a melhoria da eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares em Minas Gerais.

Todas essas considerações supracitadas demonstram a necessidade de que produtores de leite analisem criteriosamente como os insumos estão sendo utilizados em suas propriedades e, de posse deste conhecimento, consigam compreender e analisar mecanismos que auxiliem no aumento da eficiência técnica que, por sua vez, auxiliará na melhoria da utilização dos recursos necessários para a produção. Como ferramenta adicional para facilitar neste processo, o Índice de Comprometimento de Insumos em Leite (ICIL), proposto nesta pesquisa, se mostrou uma alternativa válida para auxiliar produtores nesse processo de análise para a tomada de decisão.

Conforme os resultados sugerem, o ICIL pode ser considerado um importante indicador para análises do nível de eficiência de propriedades leiteiras, visto que valores inferiores a 50% de comprometimento da produção para custear os insumos (alimentação, energia, mão de obra eventual e MIB) parecem contribuir para que propriedades leiteiras sejam mais eficientes e, conseqüentemente, tenham melhores resultados econômicos e financeiros.

Esta pesquisa se limitou a analisar a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares em Minas Gerais. Novas pesquisas, que ajudem a explicar o comportamento da utilização de mão

de obra eventual no negócio do leite são úteis para que se compreenda os impactos do referido insumo sobre a produção leiteira. Sugere-se que novos estudos analisem a eficiência técnica de propriedades leiteiras com mão de obra familiar e contratada (mistas) e apenas contratada para identificar se as possíveis práticas de melhoria da eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares possam ser aplicadas em atividades com utilização de mão de obra contratada. Adicionalmente, sugere-se que outros métodos de análise sejam utilizados em análises dessa natureza, com o intuito de contribuir para que, com novos recortes de pesquisa, outras perspectivas sejam possíveis e úteis para a comunidade científica e para produtores de leite.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sebrae Minas e à Plataforma Educampo Leite pela cessão dos dados utilizados nesta pesquisa e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor.

Referências

- Almeida, M. D., & Bacha, C. J. C. (2021). Literatura sobre eficiência na produção leiteira brasileira. *Revista de Política Agrícola*, 30(1), 20.
- Alonso, D. J., Hernandez, J. J., & Budria, E. M. (2021). A strong efficiency measure for CCR/BCC models. *European Journal of Operational Research*, 291(1), 284-295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2020.09.006>
- Aydemir, A., Gözener, B., & Parlakay, O. (2020). Cost analysis and technical efficiency of dairy cattle farms: a case study of Artvin Turkey. *Custos e Agronegócio Online*, 16(1), 461-481.
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J., & Thomas, D. A. (1989). An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. *Research in Governmental and Non-Profit Accounting*, 5, 125-163.
- Bánkuti, I. F., Damasceno, J. C., Schiavi, S. M., Kuwaraha, K. C., & Prizon, R. C. (2018). Structural features, labor conditions and family succession in dairy production systems in Paraná State, Brazil. *Cahiers Agricultures*, 27(4), 1-11.
- Barbieri, R. S., Oliveira, L. B. G., & Sabbag, O. J. (2016). Análise de eficiência de produtores de leite em assentamento rural. *Revista ESPACIOS*, 37(10), 1-1.
- Bassotto, L. C., & Angelocci, M. A. (2017). Viabilidade de implantação de uma agroindústria de beneficiamento de leite em um sítio de agricultura familiar. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 15(2), 576-585. <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v15i2.3279>
- Bassotto, L. C., Lopes, M. A., Brito, M. J., & Benedicto, G. C. (2022). Eficiência produtiva e riscos para propriedades leiteiras: uma revisão integrativa. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(4), e245277. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245277>
- Brasil. Ministério da Agricultura. (2015). *Projeções do Agronegócio Brasil 2014/15 a 2024/25: projeções de longo prazo*. Brasília/DF: Ministério da Agricultura.
- Breitenbach, R., & Corazza, G. (2020). Jovens rurais do rio grande do sul/Brasil: questões de gênero na sucessão geracional. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 16(3), 413-428. <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v16i3.5889>
- Buss, R. E., Sabbag, O. J., & Mendieta, F. H. P. (2020). Eficiência da produção leiteira na microrregião de Dourados/MS: aplicação da análise envoltória de dados. *Exacta*, 18(3), 649-667.

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., & Thrall, R. M. (1991). A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 2(3), 197-237.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1997). Data envelopment analysis theory, methodology and applications. *The Journal of the Operational Research Society*, 48(3), 332-333.
- Cook, W. D., Kress, M., & Seiford, L. M. (1993). On the use of ordinal data in data envelopment analysis. *The Journal of the Operational Research Society*, 44(2), 133-140.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2004). *Data Envelopment Analysis. Handbook on data envelopment analysis* (pp. 1-39). Springer.
- Corrêa, V. M., Lopes, M. A., & Corrêa, U. (2018). Análise de rentabilidade da bonivocultura leiteira da Agricultura familiar no município de Guarara-MG: um estudo multicase. *Holos*, 34(5), 163-176. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2018.5858>
- Demeu, F. A., Lopes, M. A., Reis, E. M., Lima, A. L., Carvalho, F. M., Palhares, J. C., & Otenio, M. H. (2021). Economic viability of a canadian biodigestor for power generation in dairy farming. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(1), 375-394. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359>
- Domenico, D., Kruger, S. D., Mazzioni, S., & Zanin, A. (2017). Índice de sustentabilidade ambiental na produção leiteira. *RACE*, 16(4), 261-282. <http://dx.doi.org/10.18593/race.v16i1.10183>
- Dormady, N., Henriquez, A. R., & Rose, A. (2019). Economic Resilience of the firm: a production theory approach. *International Journal of Production Economics*, 208, 446-460.
- Fassio, L. H., Reis, R. P., Yamaguchi, L. C., & Reis, A. J. (2005). Custos e shut-down point da atividade leiteira em Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 43(4), 759-777. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032005000400007>
- Ferrari, M. C., & Braga, M. J. (2021). A eficiência técnica dos produtores leiteiros no Uruguai. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 59(2), e221319. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2021.221319>
- Ferrazza, R., Lopes, M. A., Prado, D. G., Lima, R. R., & Bruhn, F. R. (2020). Association between technical and economic performance indexes and dairy farm profitability. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49, 1-12. <http://dx.doi.org/10.37496/rbz4920180116>
- Ferreira, C. M., & Gomes, A. P. (2020). *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações* (2. ed.). Viçosa: Editora UFV.
- Food and Agriculture Organization of the United – FAO. (2021). *Livestock primary*. FAO - Food and Agriculture Organization of the United States. Recuperado em 9 de março de 2020, de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>
- Fundação Getúlio Vargas – FGV. (2021). *Correção de valores. Calculadora do Cidadão*. Banco Central do Brasil. Recuperado em 14 de julho de 2021, de <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>
- Gebreegziabher, K., & Tadesse, T. (2014). Risk perception and management in smallholder dairy farming in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Risk Research*, 17(3), 367-381. <http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2013.815648>
- Gil, A. C. (2002). *Como classificar pesquisas* (Vol. 4). São Paulo: Atlas.
- Hair Júnior, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (2005). *Análise multivariada de dados* (5. ed.). Porto Alegre: Bookman.

- Horská, E., Petrílák, M., Šedík, P., & Nagyová, L. (2020). Factor influencing the scale of local products through short supply chains: a case of family dairy farms in Slovakia. *Sustainability*, *12*(20), 8499. <http://dx.doi.org/10.3390/su12208499>
- Lazarini, G. P., Lopes, M. A., & Cardoso, M. G. (2017). Análise da disponibilidade de alimentos volumosos em propriedades leiteiras da agricultura familiar no município de Ponte Nova/MG: um estudo multicaseos. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, *15*, 49-57. <http://dx.doi.org/10.7213/academica.15.2017.07>
- Lima, L. P., & Perez, R. (2018). The energy efficiency analysis for Brazilian dairy industry. *Journal of Cleaner Production*, *181*, 209-216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.221>
- Lopes, M. A., Cardoso, M. G., Carvalho, F. d., Lima, A. L., Dias, A. S., & Carmo, E. A. (2007). Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG) ns anos de 2004 e 2005. *Ciência Animal Brasileira*, *8*(3), 359-372. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.109706>
- Lopes, M. A., Demeu, F. A., Reis, E. M., Lima, A. L., Palhares, J. C., Costa, G. M., & Demeu, A. A. (2021). Economic viability of implementing an infrastructure for recycling bedding sand from a free-stall facility for dairy cows. *Semina: Ciências Agrárias*, *42*(1), 361-374. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n1p361>
- Lopes, M. A., Lima, A. L. R., Carvalho, F. M., Reis, R. P., Santos, Í. C., & Saraiva, F. H. (2004). Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). *Ciências e Agrotecnologia*, *28*(4), 883-892. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000400022>
- Lopes, M. A., Lima, A. L., Carvalho, F. d., Reis, R. P., Santos, Í. C., & Saraiva, F. H. (2006). Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de lavras (MG): um estudo multicaseo. *Boletim de Indústria Animal*, *63*(3), 177-188.
- Lopes, M. A., Moraes, F., Bruhn, F. R., Carvalho, F., Lima, A. L., Reis, E. M., & Viafara, J. A. (2019). Análisis de la rentabilidad de la actividad lechera de propiedades participantes del programa "Balde Cheio". *Revista de Medicina Veterinária*, *38*(1), 15-27. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.vol1.iss38.2>
- Magalhães, K. A. & Campos, R. T. (2006). Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no estado do Ceará, Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *44*(4), 695-711. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032006000400004>.
- Malhotra, N. (2001). *Pesquisa de marketing* (3. ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Márquez, M. R., & Fermín, J. S. (2010). Estimativa de índices de capacidade de processo utilizando Distribuição de pareto Generalizada. *Ingeniería Industrial*, *9*(2), 93-106.
- Martins, A. G., & Teóphilo, C. R. (2016). *Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas* (3. ed.). São Paulo: Atlas.
- Mihaylov, G., & Zurbruegg, R. (2020). The relationship between financial risk management and succession planning in family businesses. *International Journal of Managerial Finance*, *17*(3), 438-454. <http://dx.doi.org/10.1108/IJMF-12-2019-0466>
- Mondaini, I., Vieira, A. P., Veiga, R. D., & Teixeira, S. R. (1997). A rentabilidade da atividade leiteira: um caso de produtores no médio paranaíba do estado do Rio de Janeiro. *Cadernos de Administração Rural*, *9*(1), 43-52.
- Moreira, S. d., Spanevello, M. R., Boscardini, M., & Lago, A. (2020). Estratégias paternas para a manutenção da sucessão gerencial em propriedades rurais. *Estudos Sociedade e Agricultura*, *28*(2), 413-433. <http://dx.doi.org/10.36920/esa-v28n2-7>

- Muller, B. D., Bánkuti, F. I., Birto, M. M., & Martinelli, R. R. (2019). Tipologia de sistemas produtivos leiteiros e a sucessão familiar no Paraná. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, 6(2), 302-309.
- Oliveira, J. S. (2018). *A relação entre inovação e produtividade nas empresas hoteleiras - uma perspectiva de análise utilizando a análise envoltória de dados (DEA) e a modelagem de equações estruturais (SEM)* (Tese de doutorado). São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo.
- Pascotto, H., Comunelo, A. L., & Ceretta, G. F. (2018). Eficiência técnica na aplicação de recursos públicos na área da saúde dos municípios do sudoeste do estado do Paraná. *Gestão e Desenvolvimento em Revista*, 4(1), 21-37. <http://dx.doi.org/10.48075/gd%20em%20revista.v4i1.19962>
- Pelegri, D. P., Lopes, M. A., Demeu, F. A., Rocha, A. G., Bruhn, F. R., & Casas, P. S. (2019). Effect of socioeconomic factors on the yields of family operated milk. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(3), 1199-1214. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1199>
- Pinheiro, M. E. F., & Altafin, I. G. (2007). Eficiência da produção familiar de leite em projetos de assentamento de reforma agrária: estudo multicaso. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 9(2), 189-201.
- Reis, E. M., Lopes, M. A., Lima, A. L., Demeu, F. A., Benedicto, G. C., Peixoto, R. M., Bussons, J. P., Nobile, C. B., & Linhares, L. P. (2020a). Dairy herd production aspects of family farms in Western Amazon, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(5), 2365-2380. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5supl1p2365>
- Reis, L. D., Araújo, R. C., Araújo, J. A., & Lima, J. R. (2020b). Eficiência técnica da produção agrícola dos países da América Latina e do Caribe. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(4), e219416. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2020.219416>
- Schull, A. N., Feitosa, C. G., & Hein, A. F. (2014). Análise da eficiência dos gastos em segurança pública nos estados brasileiros através da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Revista Capital Científico-Eletrônica*, 12(3), 91-105.
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., & Wang, X. (2020). Adding activities in turnaround maintenance process: classification, validation, and benefits. *Production Planning and Control*, 31(1), 60-77.
- Soteriades, A. D., Foskolos, A., Styles, D., & Gibbons, J. M. (2020). Maintaining production while reducing local and global environmental emissions in dairy farming. *Journal of Environmental Management*, 272, 111054. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111054>
- Souza, P. V., Costa, J. R., & Silva, E. J. (2018). Análise da viabilidade de irrigação na pecuária leiteira: alternativas para a agricultura familiar na Amazônia. *Revista de Estudos Sociais*, 22(3), 179-191. <http://dx.doi.org/10.19093/res6839>
- Spanevello, R. M., Duarte, L. C., Schneider, C. L. & Martins, S. P. (2019). Agroindústrias rurais familiares (ARFs) como estratégia de reprodução socioeconômica da agricultura familiar nos municípios de Santo Augusto e Campo Novo - RS. *Redes (Santa Cruz do Sul. Online)*, 24(3), 198-216. <https://doi.org/10.17058/redes.v24i3.14125>
- Spector, N. (2002). *Manual para a redação de teses, dissertações e projetos de pesquisa* (2. ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Spers, R. G., Weight, J. T., & Amendomar, A. A. (2013). Scenarios for the mil production chain in Brazil in 2020. *Revista ADM*, 48, 254-267. <http://dx.doi.org/10.5700/rausp1086>
- Steidle Neto, A. J. & Lopes, D. C. (2020). Technical analysis of photovoltaic energy generation for supplying the electricity demand in Brazilian dairy farms. *Environment Development and Sustainability*, 23, 1355-1370. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00624-1>

- Uddin, M. M., Akter, A., Khleduzzaman, A. B., Sultana, M. N., & Homme, T. (2021). Application of the Farm Simulation Model approach on economic loss estimation due to Coronavirus (COVID-19) in Bangladesh dairy farms-strategies, options, and way forward. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 33. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-020-02471-8>
- Vasconcellos, M. A., & Garcia, M. E. (2009). *Fundamentos de economia* (Vol. 2, 3. ed.) São Paulo: Saraiva.
- Yan, B., Li, Y., Qin, Y., Yan, J., & Shi, W. (2021). Spatial-temporal analysis of the comparative advantages of dairy farming: Taking 18 provinces or municipalities in China as an example. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180, 105846. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2020.105846>
- Zhang, J., Zhang, L., Wang, M., Brostaux, Y., Yin, C. & Dogot, T. (2021). Identifying key pathways in manure and sewage management of dairy farming based on a quantitative typology: a case study in China. *The Science of the Total Environment*, 760, 143326. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143326>

Recebido: Março 02, 2022.

Aceito: Outubro 03, 2022.

JEL Classification: P42; P47; P51; Q12.